

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA, ELECTRÓNICA Y
AMBIENTAL
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA



**“PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y SU APLICACIÓN A LA
PLANTA DE SULFATOS DE LA EMPRESA FERROSALT S.A.”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL
Para optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR EL BACHILLER
MARTINEZ SANTILLAN, ALBERT ISAAC

Villa El Salvador
2017

DEDICATORIA:

El presente proyecto de ingeniería está dedicado primero a Dios, quien es mi guía en el camino de mi vida, a mis padres, y a mi familia.

Que desde pequeño me incentivaron a seguir por el camino del estudio y por su apoyo incondicional en mis decisiones, a mi abuela Rebeca, que me enseñó a valorar que todo esfuerzo y sacrificio tiene sus frutos.

AGRADECIMIENTO

Deseo agradecer de forma muy especial a cada uno de mis profesores de la especialidad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, y sobre todo al primer responsable de mi Carrera Profesional, el Ing. Martin Gonzales Bustamante, brindando valiosos consejos, motivando a sus alumnos con sus palabras e ideas para ser mejores personas y profesionales.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	09
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
1.1. Descripción de la Realidad Problemática.....	11
1.2. Justificación del Proyecto.....	12
1.3. Delimitación del Proyecto.....	13
1.4. Formulación del Problema.....	13
1.5. Objetivos.....	14
1.5.1. Objetivo General	14
1.5.2. Objetivos Específicos	14
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	
2.1 Antecedentes de la Investigación	16
2.2 Bases Teóricas.....	19
2.3 Marco Conceptual.....	64
CAPÍTULO III: DESARROLLO Y APLICACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	
3.1 Desarrollo del Plan de Mantenimiento Preventivo.....	67
3.2 Aplicación del Plan de Mantenimiento Preventivo.....	74
3.3 Revisión y Consolidación de resultados.....	77
CONCLUSIONES	80
RECOMENDACIONES	81
BIBLIOGRAFÍA	82
ANEXOS	84

LISTADO DE FIGURAS

- Figura N° 01: Esquema de codificación
- Figura N° 02: Diagrama de desarrollo del plan de mantenimiento
- Figura N° 03: Sulfato
- Figura N° 04: Sulfato de magnesio
- Figura N° 05: Reacción de magnesio y ácido sulfúrico
- Figura N° 06: Reacción oxido de magnesio + Ácido sulfúrico
- Figura N° 07: Diagrama de flujo – Mantenimiento preventivo
- Figura N° 08: Esquema del plan de mantenimiento preventivo de equipos
- Figura N° 09: Orden de trabajo – Eléctrico
- Figura N° 10: Orden de trabajo – Mecánico
- Figura N° 11: Horas máquina parada Enero - Febrero 2013 - Reactor 03

LISTADO DE TABLAS

- Tabla N° 01: Propiedades físicas del sulfato de magnesio
- Tabla N° 02: Escala de referencia de criticidad
- Tabla N° 03: Variables y preguntas para determinar la importancia crítica de los equipos
- Tabla N° 04: Días y horas de operación de los equipos de la línea sulfato magnesio
- Tabla N° 05: Horas mensuales de parada de los equipos de sulfato magnesio
- Tabla N° 06: Porcentaje de disponibilidad de equipos
- Tabla N° 07: Registro de órdenes de mantenimiento
- Tabla N° 08: Línea de magnesio - TMEF 1° periodo
- Tabla N° 09: Línea de magnesio - TMEF 2° periodo
- Tabla N° 10: Análisis de falla reactor 3
- Tabla N° 11: Cantidad de fallas por desgaste de rodamiento
- Tabla N° 12: Cantidad de fallas por limpieza - Mala operación - Operativo

INTRODUCCIÓN

En industrias intensivas en capital como la industria minera o agroindustrial, un adecuado desarrollo y planeación de actividades de mantenimiento puede ser la diferencia entre permanecer activa o desaparecer del mercado, debido a que el cumplimiento de los objetivos de producción está sujeto a la disponibilidad de la planta de procesamiento.

Uno de los problemas más críticos en la planta de producción de sulfatos son las paradas no planificadas de máquinas por fallas, que tienen como consecuencias de las mismas pérdidas de horas hombre, tiempo y dinero de producción. La cantidad de producto procesado y los ingresos de la planta son afectados debido a la falta de disponibilidad de la maquinaria comprometida en el proceso de producción; el tiempo de parada de la máquina dependerá del tipo de falla presentada, disponibilidad de los repuestos y el tiempo de ejecución para realizar el mantenimiento correctivo.

Consciente de esta necesidad se desarrolló un plan de mantenimiento preventivo para la Planta de Sulfato de la empresa FERROSALT S.A., que busca garantizar la efectividad del funcionamiento y aumento en la capacidad de producción de la planta, proporcionando la disponibilidad de los equipos existentes y la conservación de los nuevos equipos, dando inicio a las actividades de mantenimiento preventivo.

En ese sentido en este proyecto de ingeniería se describe un plan de mantenimiento preventivo aplicado a la línea de sulfato magnesio, motivo por el cual he dividido el proyecto en 3 capítulos.

En el Capítulo I, se describe el planteamiento del problema, que está basado la falta de disponibilidad de los equipos y paradas no planificadas de máquinas por fallas, siendo la causa principal la falta de un plan de mantenimiento preventiva.

En el Capítulo II, se describe el marco teórico en la cual se apoya la propuesta de solución, referente al mantenimiento preventivo, su procedimiento, su importancia y las ventajas que genera sobre las empresas que lo aplican.

Finalmente en el Capítulo III, se desarrolla la propuesta de solución, realizando inicialmente el desarrollo del plan de mantenimiento preventivo, luego se mostrará la aplicación del plan de mantenimiento sobre la línea de Sulfato Magnesio, para finalmente realizar una presentación de resultados obtenidos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

La Empresa Ferrosalt S.A es una empresa fundada en el año 2000, dedicada a la fabricación y venta de productos químicos y químico-orgánicos, destinados a la agricultura, minería, industria farmacéutica y alimenticia animal.

El problema que tuvo esta empresa, está relacionado a sus procesos productivos de sulfato, y es que carecía de un plan de mantenimiento preventivo que permita evitar las constantes paradas de máquinas y pérdidas de producción.

Esto, debido a que al no tener un procedimiento definido para el mantenimiento preventivo de la planta de Sulfatos, las máquinas y

equipos inherentes al proceso productivo reportaban fallas operativas, generando paradas no planificadas.

Consecuencia de la falta de un procedimiento de inspección periódica, es que se generaban pérdidas económicas relativamente apreciable en la Empresa Ferrosalt S.A, y esto en relación a que muchas veces resultó demasiado tarde la identificación de los estados críticos de operación de los equipos, situación que derivó en el recambio del mismo, ya que resultó mayor el gasto en cambiar todo el equipo que cambiar un solo componente del equipo.

1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El presente proyecto se justifica en que el desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo aplicado a la planta de sulfatos de la Empresa Ferrosalt S.A. reducirá el tiempo de paradas inesperadas de las máquinas y equipos propios del proceso productivo, evitando pérdidas económicas.

La aplicación de este plan de mantenimiento, ayudará a conservar las máquinas y los equipos de la Línea productiva de Sulfatos, a operar con el propósito de cumplir con la función para la cual fueron proyectados con la capacidad y la calidad especificadas, pudiendo ser utilizados en condiciones de seguridad y economía de acuerdo a un nivel de ocupación y a un programa de uso definidos por los requerimientos de producción.

1.3 DELIMITACIÓN DEL PROYECTO

1.3.1 ESPACIAL

El proyecto se desarrollara en la planta de Sulfato de la empresa Ferrosalt S.A – Línea de Sulfato Magnesio, ubicado en Av. Industrial sub lote 4, Urb. Parcelas Las Praderas de Lurín, Lurín – Lima.

1.3.2 TEMPORAL

El desarrollo del plan de mantenimiento preventivo y su aplicación al cual hago referencia en este proyecto de ingeniería, comprende el periodo de Enero – Agosto de 2013.

1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El contexto sobre el cual se determina el problema en la empresa Ferrosalt S.A, está relacionado a la presencia de un alto nivel de fallas o averías en los equipos, un alto tiempo de paros en las líneas de producción, generándose retraso en la obtención de los productos, carencia de identificación de los que equipos que originan gastos de mantenimiento exagerados y desconocimiento de una forma más exacta del intervalo de tiempo en que las máquinas o equipos prestarán sus servicios, sin que se presente una falla en ella.

Y es que la cantidad de producto procesado y los ingresos de la planta, son afectados debido a la falta de disponibilidad de la maquinaria comprometida en el proceso de producción; el tiempo de parada de la

máquina dependerá del tipo de falla presentada, disponibilidad de los repuestos y el tiempo de ejecución para realizar el mantenimiento correctivo.

En ese sentido puedo resumir el problema, mediante la siguiente pregunta:


¿Cómo identificar el tiempo medio entre fallas y los equipos que presentan la mayor frecuencia de Fallas, de la planta de Sulfatos de la Empresa Ferrosalt S.A, con la finalidad de prever acciones necesarias, buscando garantizar la operatividad de los mismos?

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 OBJETIVO GENERAL

Aplicar un plan de mantenimiento preventivo a la planta de Sulfatos de la Empresa Ferrosalt S.A, a fin de identificar el tiempo medio entre fallas y los equipos con mayor frecuencia de fallas, con la finalidad de prever acciones necesarias, buscando garantizar la operatividad de los mismos.

1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

 Desarrollar un plan de mantenimiento preventivo para la planta de Sulfatos de la Empresa Ferrosalt S.A, a fin de identificar los equipos que presenten mayor frecuencia de

falla, con la finalidad de prever acciones necesarias, buscando garantizar la operatividad de los mismos.

- ✚ Identificar el tiempo medio entre fallas de los equipos, de la planta de Sulfatos de la Empresa Ferrosalt S.A, con la finalidad de prever acciones necesarias, buscando garantizar la operatividad de los mismos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Abrill (2007), en su tesis titulada “Mantenimiento de motores diesel aplicando un programa integral de control de activos fijos”, para optar el Título de Ingeniero en Ingeniería Mecánica en la Universidad Nacional de Ingeniería de Lima, concluye que: “El control Activos Fijos, nos lleva a maximizar la vida útil remanente de las maquinarias y equipos, maximizando el control de fallas, el rendimiento productivo y las utilidades de la empresa; esto permite minimizar las fallas técnicas, las improvisaciones y eliminar el lucro cesante, producto de la pérdida de producción en cantidad y en calidad. El Control físico de los Activos por medio de los niveles de mantenimiento, nos da el reflejo de la capacidad de una empresa organizada, considerando que si los Activos de una

Empresa trabajan en forma controlada, esta tenderá a maximizar no solo su rendimiento sino también la calidad y la Conciliación Contable de todos y cada uno de los Activos Físicos”.¹

Cedeño (2013), en su tesis titulada “Propuesta de plan de mantenimiento preventivo basado en la norma COVENÍN 3049-93 para la planta de mezcla de fluidos de perforación en la Empresa PROAMSA Maturín Estado Monagas” para optar el Título de Ingeniero en Ingeniería Industrial en el Instituto Universitario Politécnico de Maturín, concluye que: “Con la propuesta de las mejoras del plan de mantenimiento preventivo en todas sus etapas, se garantiza un mejor funcionamiento de las maquinarias permitiendo la disminución de las fallas recurrentes que puedan presentarse. Las metas del plan de mantenimiento preventivo comienzan por mejorar la eficiencia y eficacia de las labores a ejecutar, remitiendo la información necesaria para permitir un análisis posterior”.²

Arapé (2009), en su tesis titulada “Implementación del mantenimiento preventivo en fábrica nacional de cementos, división, concretos y agregados” para optar el Título de Ingeniero en Ingeniería Mecánica en la Universidad Simón Bolívar de Caracas, concluye que: “Es importante llevar un registro organizado de los mantenimientos realizados y de las fallas presentadas, para poder estimar la vida útil y ciclo de

¹ABRILL, P. (2007). Mantenimiento de motores diesel aplicando un programa integral de control de activos fijos. (Tesis de Pre Grado).Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú.

²CEDEÑO, R. (2013). Propuesta de plan de mantenimiento preventivo basado en la norma COVENÍN 3049-93 para la planta de mezcla de fluidos de perforación en la Empresa PROAMSA Maturín Estado Monagas. (Tesis de Pre Grado). Instituto Universitario Politécnico. Maturín, Venezuela.

mantenimientos requeridos para cada sistema. Se evidenció la necesidad de llevar un control exacto de los bienes y materiales que se posee, prever su duración en el tiempo considerando cada variable que afecte su consumo, y tener un respaldo de equipos y materiales de uso frecuente para ocasiones de emergencia”.³

Fernández (2001), en su libro titulado “Técnicas para el mantenimiento”, señala que: “La principal ventaja del mantenimiento preventivo frente a las técnicas estrictamente correctivas estriba en una importante reducción de las paradas eventuales, obtenida al introducir una cierta periodicidad en la observación y reparación del sistema”.⁴

Byrnes (2005), en su libro titulado “Bumper to Bumper” señala que: “El mantenimiento preventivo es importante en términos generales de seguridad y economía. El propósito de un programa de mantenimiento preventivo es detectar un problema cuando todavía es menor, antes de que se convierta en un problema mayor. El hecho de hacer un mantenimiento de los diversos elementos empleados para una actividad económica determinada permite que los sobresaltos en lo que respecta a la producción, sobresaltos con implicancias financieras, sean reducidos significativamente”.⁵

³ARAPE, J. (2009). Implementación del mantenimiento preventivo en fábrica nacional de cementos, división, concretos y agregados. (Tesis de Pre Grado). Universidad Simón Bolívar. Caracas, Venezuela.

⁴FERNÁNDEZ, M. (2001). Técnicas para el Mantenimiento. Barcelona, España: MARCOMBO.

⁵BYRNES, M. (2005). Bumper to Bumper. Estados Unidos: BARRON`S EDUCATIONAL SERIES.

Arata (2009), en su libro titulado “Ingeniería y gestión de la confiabilidad operacional en plantas industriales” señala que: “El mantenimiento preventivo puede ser aplicad considerando diversas estrategias. La elección de cada una de ellas va a depender del beneficio económico que se logre de su aplicación. Para el modelamiento y selección de una política de mantenimiento preventivo debe tenerse en cuenta las siguientes consideraciones: la tasa de falla del componente en cuestión debe ser creciente, el costo total de la intervención de emergencia debe ser superior al costo total de la intervención preventiva”.⁶

2.2 BASES TEORICAS

2.2.1 MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

El mantenimiento es un servicio que agrupa una serie de actividades cuya ejecución permite alcanzar un mayor grado de confiabilidad en los equipos, máquinas, construcciones civiles e instalaciones. Además permite eliminar condiciones inseguras que podrían afectar a las personas.

Los objetivos del mantenimiento son los siguientes:

Alcanzar o prolongar la vida útil de los bienes.

- Evitar, reducir, y en su caso, reparar, las fallas de los equipos de la empresa.
- Disminuir la gravedad de las fallas que no se lleguen a evitar.
- Evitar parada de máquinas.

⁶ARATA, A. (2009). Ingeniería y gestión de la confiabilidad operacional en plantas industriales. Chile: RIL

- Evitar accidentes.
- Evitar incidentes y aumentar la seguridad para las personas.
- Conservar los bienes productivos en condiciones seguras y preestablecidas de operación.
- Disminuir los costos de mantenimiento.

El mantenimiento adecuado tiende a prolongar la vida útil de los bienes, a obtener un rendimiento aceptable de los mismos durante más tiempo y a reducir el número de fallas. Generalmente no se hace distinción entre las diferentes clases de mantenimiento. Popularmente, se conocen solamente dos tipos: el correctivo y el preventivo. Puede decirse que la diferencia entre ambos es la misma que existe entre “tener” que hacer una actividad de reparación y el realizarla “cuando esta se desea”.

Sobre la base de esta diferencia, se define:

a) Mantenimiento preventivo

Es el conjunto de actividades que se llevan a cabo en un equipo, instrumento o estructura, con el propósito de que opere a su máxima eficiencia, evitando que se produzcan paradas forzadas o imprevistas. Este sistema requiere un alto grado de conocimiento y una organización muy eficiente. Implica la elaboración de un plan de inspecciones para los distintos equipos de la planta, a través de una buena planificación, programación, control y ejecución de actividades a fin de

descubrir y corregir deficiencias que posteriormente puedan ser causa de daños más graves.

b) Mantenimiento correctivo

Es el conjunto de actividades que se deben llevar a cabo cuando un equipo, instrumento o estructura ha tenido una parada forzada o imprevista. Este es el sistema más generalizado, por ser el que menos conocimiento y organización requiere.

La creación de un inventario físico de la maquinaria, permite conocer de forma clara y sencilla los datos principales de cada máquina y determinar el grado de importancia de cada una dentro de la planta de producción.

Los datos que se describen en el inventario de la maquinaria son los siguientes:

- **Número de inventario:**

- Numero correlativo del inventario de las máquinas.

- **Serie:**

- Número de serie de cada maquinaria.

- **Modelo:**

- Tipo de modelo de la maquinaria.

- **Marca:**

- Casa constructora o de fabricación de la máquina.

- **Nombre:**

Se refiere al nombre de la máquina o como se le conoce en la planta industrial de la empresa.

- **Costo estimado:**

Valor económico promedio según las condiciones que posea, en el mercado actual.

Para iniciar con el programa de mantenimiento es muy importante contar con un código para cada máquina, y para cada uno de los sistemas o elementos importantes que lo integran, esto permitirá llevar un mejor control, un orden y la identificación de toda la maquinaria de la empresa, la codificación de la maquinaria, facilitará el trabajo administrativo y lo hará más eficiente. Para el diseño del código, se debe tener en cuenta que éste, tiene que contener solo la información necesaria y debe ser de fácil interpretación. La estructura de los códigos que se sugiere y la interpretación de los mismos para la empresa se presentan a continuación en la figura 1.

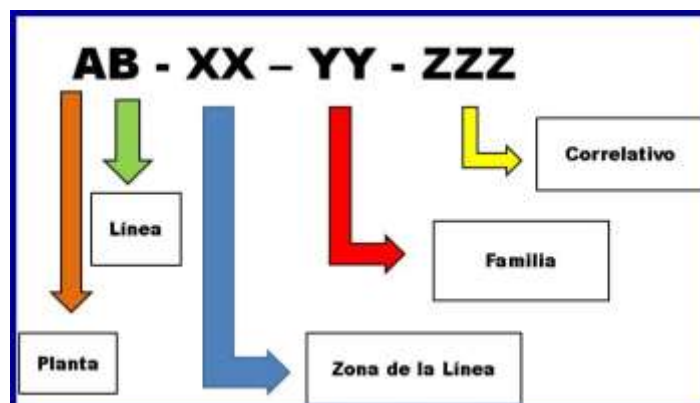


FIGURA Nº 01: ESQUEMA DE CODIFICACIÓN

Para llevar a cabo cualquiera de los dos tipos de mantenimiento mencionados, modernamente se consideran cinco estrategias diferentes. Una combinación de estas puede ser la estrategia óptima para llevar a cabo la conservación y mantenimiento de la planta de tratamiento.

- **Mantenimiento programado**

Las acciones llevadas a cabo mediante esta estrategia se realizan a intervalos regulares de tiempo o cuando los equipos se sacan de operación. Este tipo de actividad requiere sacar de funcionamiento el equipo y solo puede ser bien planificada cuando la falla es dependiente del tiempo de operación. Eso no es lo común en nuestras plantas de tratamiento. Las actividades que son siempre factibles de programar son la lubricación y la limpieza. Para llevarlas a cabo, los fabricantes de los equipos indican la frecuencia con que se requieren. Con esta información se puede establecer la programación correspondiente.

- **Mantenimiento predictivo**

El mantenimiento predictivo no es dependiente de la característica de la falla y es el más efectivo cuando el modo de falla es detectable por monitoreo de las condiciones de operación. Se lleva a cabo en forma calendariza y no implica poner fuera de operación los

equipos. Entre las técnicas usadas en esta estrategia están las inspecciones, el chequeo de condiciones y el análisis de tendencias.

- **Operar hasta la falla**

Esta estrategia no requiere planes por adelantado o ninguna otra actividad más que la de asegurar que al momento de la falla se contará con los hombres, las herramientas y los repuestos necesarios para atender la emergencia en el menor tiempo posible. Desde todo punto de vista, esta es la estrategia menos deseable si se empleara como la única por seguir.

- **Mantenimiento de oportunidad**

Esta es una manera efectiva de dar mantenimiento. Se hace uso de los tiempos de parada de los equipos por otras estrategias empleadas o por paradas en la operación de la planta. Se hace uso de los tiempos muertos. El esfuerzo desplegado en aplicar esta estrategia puede ser muy efectivo desde el punto de vista económico.

- **Rediseño por obsolescencia**

Esta es la mejor alternativa cuando las fallas son demasiado frecuentes y la reparación o los repuestos son

muy costosos. Si se ejecuta bien, es una actividad de un solo tiempo; todas las demás son actividades repetitivas.

Un plan de mantenimiento tradicional se basa principalmente en la estrategia número tres enunciada arriba, “operar hasta la falla”. Se concentra en la habilidad para reparar rápidamente, en la disponibilidad de personal entrenado y el contar con los repuestos necesarios y las herramientas adecuadas en el momento de la falla. Un plan de mantenimiento moderno consiste en la combinación de varias estrategias que deben ser escogidas para mantener la planta. La autoridad responsable de las funciones de mantenimiento es la encargada de establecer o modificar, según se requiera, el plan de mantenimiento.

Las unidades que tienen una determinada función por ejemplo, un agitador para floculación mecánica pueden ser definidas como “el menor grupo de partes que requieren mantenimiento en donde están instalados o mantenimiento de línea”. Un pequeño motor puede ser considerado una parte, porque puede ser reemplazado, pero un rodamiento es un componente, porque solo puede ser reemplazado en el taller. En el proceso de desarrollar el plan de mantenimiento, se debe determinar el mejor procedimiento para cada parte.

Los procedimientos de las partes se juntan para producir el plan de mantenimiento de la unidad. El desempeño de la planta y la efectividad de los procedimientos de mantenimiento normalmente se obtienen al nivel de las “unidades”, ya que la disponibilidad de la unidad afecta directamente la ejecución de una determinada función. Se debe notar que la mayor subdivisión de una planta es en “unidades”, para propósitos de operación y de mantenimiento, pero los procedimientos de mantenimiento deben desarrollarse inclusive hasta el nivel de partes.

Al ensamblar los diferentes planes de mantenimiento para las unidades, se obtiene el plan de mantenimiento para la planta en general. De lo anterior se desprende que para desarrollar racionalmente un plan de mantenimiento, aplicando las estrategias enunciadas según el caso, se deben examinar las diferentes unidades de la planta, su importancia crítica en el proceso y la probabilidad de que se produzca determinado tipo de falla en cada una de las partes constituyentes.

El desarrollo o la modificación del plan de mantenimiento pueden dividirse en etapas, donde los cuadros de la izquierda representan los recursos. Este desarrollo nunca se logra de una sola vez o en un único proyecto. El

desarrollo aquí descrito debe ser considerado como un proceso o actividad permanente y continuo, a fin de mejorar el desempeño de la planta para alcanzar los propósitos de la administración.

Las actividades para llevar a cabo el plan de mantenimiento se pueden resumir en la siguiente lista:

- **Determinación de las unidades críticas en el proceso**

Sobre la base del diagrama de flujo de la planta, se lleva a cabo un análisis de la función que la unidad desempeña en el proceso. Se debe ponderar su importancia.

- **Ensamblar el plan para cada unidad**

En las ventanas de producción se procede a confeccionar el plan para cada una de las unidades, que puede, perfectamente, constar de una combinación de todas las estrategias. Debe procurarse que se tienda al mantenimiento preventivo.

- **Determinación de las partes críticas y su modo de falla**

Se deben utilizar el historial de mantenimiento y la base de datos de confiabilidad disponibles para ubicar cuáles son los modos de falla de cada una de las partes de la unidad en estudio.

- **Selección del procedimiento de acuerdo con el modo de falla**

Una vez conocido el modo de falla o mediante el uso de técnicas de monitoreo de las condiciones de operación, se procede a seleccionar la estrategia apropiada.

- **Ensamblar el plan para toda la planta**

Aquí se debe hacer uso de las ventanas de producción y de todas las fuentes y recursos de mantenimiento para ensamblar un plan general para toda la planta.

- **Determinación de disponibilidad de las unidades**

Haciendo uso del historial de mantenimiento del que se disponga, se lleva a cabo un análisis de la confiabilidad de la unidad.

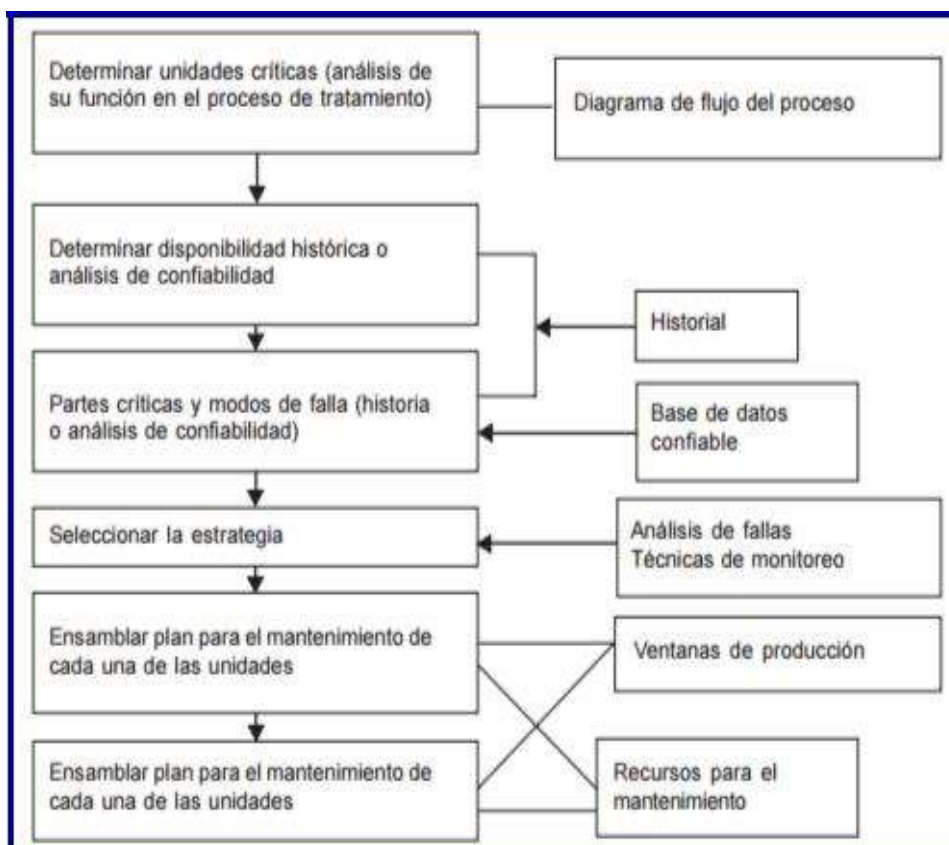


FIGURA Nº 02: DIAGRAMA DE DESARROLLO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

La aplicación de estas estrategias en la confección del plan requiere la adquisición de gran cantidad de información acerca de la planta y de su mantenimiento.

Una adquisición de datos sobre la planta adecuada y precisa requiere la cooperación del personal y, en muchos casos, un cambio de actitud en el reporte del trabajo realizado.

2.2.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El mantenimiento preventivo es la ejecución planificada de un sistema de inspecciones periódicas, cíclicas y programadas y de un servicio de trabajos de mantenimiento previsto como necesario, para aplicar a todas las instalaciones, máquinas o equipos, con el fin de disminuir los casos de emergencias y permitir un mayor tiempo de operación en forma continua. Es decir, el mantenimiento preventivo, se efectúa con la intención de reducir al mínimo la probabilidad de falla, o evitar la degradación de las instalaciones, sistemas, máquinas y equipos. Es la intervención de mantenimiento prevista, preparada y programada antes de la fecha probable de aparición de una falla.

En definitiva, se trata de dotar a la organización, de un sistema que le permita detectar y corregir el origen de las posibles fallas técnicas y no reparar las consecuencias de las mismas, una vez

que éstas se han producido. Cualquiera que sea el nivel de mantenimiento preventivo aplicado, subsistirán inexorablemente fallas residuales de carácter aleatorio.

Y en forma general, reduciendo los imprevistos o fortuitos, se mejora el clima en cuanto a las relaciones humanas, porque sabemos que cuando sucede algún problema, se crea una tensión a nivel de personas. El mantenimiento preventivo es aplicable a cualquier tipo de empresa, no importando su tamaño ni tipo de producción y cualquier plan de mantenimiento preventivo deberá cumplir con los siguientes puntos:

- Una inspección periódica de las máquinas y equipos para detectar situaciones que puedan originar fallas o una depreciación perjudicial.
- Es el mantenimiento necesario para remediar esas situaciones antes de que lleguen a revestir gravedad.

2.2.2.1 IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Lo más importante del mantenimiento preventivo es:

- Permitir la planificación con anticipación de las actividades a realizar en las máquinas, equipos e instalaciones.
- Escoger al personal que realizará el trabajo.
- Seleccionar las herramientas adecuadas a utilizar.
- La frecuencia de aplicación.

- Enumerar las piezas que se van a reemplazar.
- Revisar la lubricación de maquinaria.
- Coordinar con producción las fechas más apropiadas para llevar a cabo los trabajos de inspecciones y reparaciones programados con suficiente anticipación.

Existen varios factores que demuestran la importancia de la aplicación del mantenimiento preventivo, entre las cuales podemos mencionar:

- Reducción del número de fallas o averías en los equipos.
- Reducción del tiempo de paros en las líneas de producción permitiendo elevar los tiempos de fabricación.
- Identificación de todos los equipos que originan gastos de mantenimiento exagerados, pudiéndose así señalar las necesidades de un trabajo de mantenimiento correctivo para el mismo, un mejor adiestramiento del operador, o bien, el reemplazo de máquinas, equipos e instalaciones anticuadas.
- Conocimiento de una forma más exacta del intervalo de tiempo en que las máquinas, equipos e instalaciones prestará sus servicios sin que se presente una falla en ella.

- Menor ocurrencia de productos rechazados, repeticiones y desperdicios, como producto de una mejor condición general del equipo. Y de esta forma se incrementa la calidad de producto que se ofrece al mercado.

2.2.2.2 VENTAJAS DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

La implementación del plan de mantenimiento preventivo es justificada por una gran cantidad de ventajas que dan como resultado de seguir un sistema de este tipo.

A continuación se presenta las principales ventajas de este tipo de mantenimiento:

- Al desarrollarse el programa de mantenimiento preventivo, se podrá observar un alto rendimiento de las maquinaria, equipos e instalaciones y se tendrá un aumento en la vida útil, debido al mantenimiento periódico que se le brinda, esto influye a que se conserve el buen servicio y disponibilidad de la maquinaria y es un beneficio que se podrá observar a corto y largo plazo.
- El mantenimiento preventivo busca mantener el servicio de todas las maquinarias, equipos e instalaciones basándose en trabajos que requieren

un costo mínimo para su ejecución, con el fin de corregir problemas que de no atenderse, puedan transformarse en un paro de mantenimiento correctivo de alto costo de mantenimiento.

- Con el tiempo se disminuyen los paros imprevistos de equipos, que son reemplazados por paros programados, en fechas que no causen impacto en las líneas de producción.
- La asignación de tareas de mantenimiento preventivo a todos los operarios de la planta, disminuirá considerablemente el tiempo de ocio así como el pago de horas extras en trabajos que pueden programarse de una forma adecuada en la semana normal de trabajo.
- Se tiene una disminución de los accidentes durante la ejecución de mantenimientos a las máquinas, debido al trabajo programado según procedimientos escritos y no trabajos de emergencia bajo alta presión, para entregar el equipo lo más pronto posible.
- Menores costos de producción por menos cantidad de productos defectuosos, debido a la correcta graduación de los equipos.

2.2.2.3 PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN PLANTAS INDUSTRIALES

El plan de mantenimiento preventivo se hace en dos fases, las cuales deben ser apoyadas en un 100% por la gerencia de la empresa, a fin de evitar malas interpretaciones por parte del personal operativo de planta. Este anuncio dará a conocer que la gerencia apoya en su totalidad, lo necesario para la implementación del nuevo programa de mantenimiento preventivo.

- **Primera Fase:**

Presentación teórica del proyecto, dando a conocer la importancia de la introducción e implementación a corto plazo del programa de mantenimiento en todas las máquinas, equipos o instalaciones de la planta y también conceptos fundamentales respecto al mantenimiento industrial. Se realizarán varias presentaciones, apoyados con equipo audiovisual.

- **Segundo Fase:**

Aplicación práctica, esto en un porcentaje del programa de mantenimiento hacia las máquinas, equipos o instalaciones a fin de familiarizarse con las rutinas de mantenimiento y dando a conocer de esta forma las actividades más básicas a realizar por el

personal operativo. Se realizarán cuando las órdenes de producción sean mínimas, a fin de tener suficiente tiempo y hacerlo de una manera correcta.

Para efectuar cualquier trabajo se debe tener la capacidad de hacerlo, debido a esto, es vital que el personal encargado del mantenimiento y los propios operarios de la empresa, tengan las habilidades ideales, y puedan ser capaces como responsables para desarrollar las actividades de reparación y mantenimiento en los equipos de la planta.

La metodología a utilizar en este proceso enseñanza-aprendizaje se presenta a continuación:

- **Interactiva:**

Con la única finalidad de establecer una dinámica entre los miembros de la empresa y el docente para integrar los aprendizajes y experiencias, que permitan, la mejor comprensión de los temas a tratar.

- **Participativa:**

Para que las personas involucradas se sientan parte integrales de este proceso de capacitación y de esta forma poder aportar cualquier información

que sea gran utilidad para ambas partes, empleados y organización.

■ **Formativa:**

Los trabajadores de la planta, tienen el deber de observar normas de conducta preestablecidas dentro y fuera del lugar del adiestramiento, mejorar el ambiente, desarrollar sus tareas y mantener una relación de cooperación y respeto.

Las reuniones de sensibilización deben ser necesarias, para que este programa vaya en marcha, hacerle ver a todos los operarios, que al implementar este nuevo sistema de mantenimiento a las maquinarias, equipos o instalaciones, no siempre se va a generar recortes de personal o reducciones de salario; sino que por el contrario será benéfico para ellos, debido a que con la implementación de este plan de mantenimiento, traerá grandes beneficios para la empresa y al crecer la empresa están asegurando un mejor salario y unas condiciones de trabajo más seguras y de mejor calidad.

Los talleres serán impartidos con el único objetivo de introducir más a todo el personal de la empresa, en relación al programa de mantenimiento que se va a implementar. Se recomienda varios talleres de

capacitación que brinde al personal los conocimientos necesarios para la comprensión y aplicación del programa de mantenimiento preventivo, por lo que este tipo de capacitación deberá contener la siguiente información:

- Tipo de mantenimiento que se llevará a cabo en la maquinaria de la empresa.
- Definición de cada formato de ficha control, así como la presentación del diseño del mismo.
- Enseñar al personal de cómo llenar e interpretar cada formato de ficha de control.
- El procedimiento para la utilización de los mismos.
- Presentación de las actividades de mantenimiento a realizar en la maquinaria de la empresa.
- Presentación de las rutinas de mantenimiento en la maquinaria industrial.

Un conocimiento deficiente en la utilización como la aplicación de ésta información, puede ocasionar la falta de interés en el personal para aplicar el mantenimiento preventivo o tener una mala interpretación de los mismos. Las charlas directas se llevarán a cabo con todo el personal, al momento de efectuarse alguna actividad o rutina de mantenimiento en las maquinarias, equipos o instalaciones. Esto con la finalidad de

orientar sobre alguna deficiencia en la aplicación de las tareas del programa de mantenimiento.

Se tendrá una comunicación directa y eficaz con el personal encargado del mantenimiento de la maquinaria como también con el personal operativo, a fin de poder identificar posibles factores negativos que influyan sobre la implementación adecuada del nuevo sistema de mantenimiento. Se obtendrá información importante sobre posibles cambios en el programa, como también sugerencias y comentarios del personal, quienes son los responsables directos de que la implementación del proyecto sea un éxito. La capacitación constante del personal en una empresa es vital debido al papel fundamental que estos desempeñan, estos programas de capacitación consiste en los siguientes aspectos:

- Explicar y demostrar la forma correcta de realizar las actividades de mantenimiento.
- Ayudar al personal a desempeñarse bajo supervisión.
- Permitir que el personal se desempeñe solo, en las actividades y rutinas de mantenimiento programado.
- Capacitación de personal según los resultados de la evaluación.

- Evaluar el desempeño laboral demostrado.

Es posible que haya que repetir estos pasos varias veces antes de que un empleado capte correctamente lo que debe hacer. Cuando el empleado ha asimilado estos pasos, este puede realizar un paso más en este ciclo:

- Afianzar sus conocimientos capacitando a otra persona.

Hay una gran diferencia entre explicar a un empleado cómo se hace una tarea y transmitir conocimientos teóricos y prácticos con éxito. Aún después de una demostración, los trabajadores pueden cometer errores al tratar de repetir el proceso. Algunos conceptos son difíciles de aprender; otros exigen mucha práctica.

Durante la capacitación del personal, es necesario:

- Evaluar constantemente el nivel de comprensión.
- Adecuar el nivel de capacitación según el grupo de participantes.
- Presentar un número limitado de conceptos por vez.
- Separar las tareas de aprendizaje en varios conceptos simples.

- Involucrar a todos los empleados relacionados (para que todos participen activamente, no sólo observar la demostración de un individuo).
- Utilizar material visual y estimular a los participantes para que hagan preguntas sobre el tema.

Como en cualquier evento relacionado con el aprendizaje, los trabajadores van a sentirse más cómodos si el encargado es amable y les demuestra paciencia. Los elogios honestos y merecidos también ayudan. Durante la capacitación de personal, las explicaciones y demostraciones son muy importantes, pero los empleados recordarán mejor la información si la aplican. Lamentablemente, este paso se elimina muy a menudo porque ocupa tiempo. Y también porque el observar a un trabajador que hace la tarea con dificultad requiere paciencia. En las primeras etapas, los métodos prácticos rinden mejores resultados que los teóricos.

Las explicaciones deben ser breves y simples, es necesario animar a los trabajadores a hacer y contestar preguntas. De este modo se comprueba la comprensión del tema expuesto. A medida que los conocimientos vayan mejorando, aumenta la

importancia de la teoría. La ayuda que se prestan los trabajadores entre sí afianza sus conocimientos y acorta el período necesario para la capacitación de todos ellos.

De este modo, el supervisor puede dedicarse a otras tareas. Muchos trabajadores aprecian y disfrutan de la responsabilidad y prestigio de capacitar a sus compañeros. Para poder llevar un mejor control del programa de mantenimiento que se implementará en la empresa, es necesario definir a los encargados en la ejecución de las actividades propias del programa, también se incluye las responsabilidades que recaen sobre cada persona, como la respectiva autoridad que estas adquieren, a fin de que la ejecución del nuevo sistema de mantenimiento se realice bajo lineamientos claramente definidos.

Las responsabilidades de las personas involucradas directamente con las actividades propias del programa de mantenimiento se describen a continuación:

a) Técnico mecánico industrial

- Ejecutar las rutinas de mantenimiento para cada maquinaria, equipo o instalación con la frecuencia

definida en el programa de mantenimiento preventivo.

- Verificar que las actividades de mantenimiento se realicen de una manera correcta y eficaz.
- Autorizar las órdenes de trabajo en algún equipo o maquinaria cuando ésta así lo requiera.
- Controlar y monitorear que todas las máquinas durante el proceso productivo, funcionen correctamente.
- Verificar que los repuestos, materiales y herramientas adquiridas por la empresa para realizar un recambio, reajuste o trabajo de mantenimiento sean de buena calidad y con un costo menor.
- Programar paros en la maquinaria para brindar mantenimiento respectivo, que no afecten a la producción de la planta.
- Rediseñar posibles cambios en el programa de mantenimiento a fin de que éste sea lo más eficiente posible.
- Verificar que los trabajos realizados por personas o empresas externas en relación con el mantenimiento sean efectuados de la mejor manera posible.

- Llevar el control de todos los trabajos realizadas en cada maquinaria en una bitácora de actividades.
- Verificar que los formatos de fichas de control del mantenimiento estén bien llenadas, sin alteraciones y autorizar, las que a él le compete.
- Participar y contribuir en las capacitaciones que se requieran, para beneficio de la empresa.
- Llevar un control del stock de inventario de repuestos y materiales a fin de que éste se mantenga en los niveles óptimos.

b) Ayudante de mecánico

- Ejecutar las actividades de mantenimiento de la mejor manera.
- Colaborar en todas las rutinas de mantenimiento de la maquinaria, donde se requiera de un auxiliar para poder llevarse a cabo.
- Llenar los pedidos de trabajo correctamente y verificar que los operarios lo hagan de la misma manera.
- Trabajar eficientemente a fin de lograr los objetivos que se pretende con el programa de mantenimiento preventivo.

- Participar en todas las capacitaciones y talleres a fin de adquirir más conocimientos para poder de esta forma desempeñarse de una mejor manera.

c) Personal operativo

- Reportar cualquier anomalía en las máquinas que manejan en el menor tiempo posible.
- Operar correctamente las máquinas a fin de evitar cualquier desperfecto o falla en éstas por un mal manejo.
- No dañar, rayar, no golpear las máquinas para poder mantenerlos por más tiempo en buenas condiciones.
- Colaborar con los trabajos de mantenimiento y efectuar las que se les asigne de una manera eficaz.
- Llenar correctamente las órdenes o pedidos de trabajos de mantenimiento para las máquinas.
- Participar en todas las capacitaciones y talleres programados a fin de adquirir más conocimientos para poder de esta forma desempeñarse de una mejor manera.

Si la estructura organizacional que la empresa maneja, es lineal o jerárquica, es decir que entre más alto se

esté en el organigrama, más autoridad se tiene para poder dirigir, coordinar y verificar las actividades que los subordinados realicen. Esta sucesión de autoridad, incluye a los encargados del mantenimiento de las máquinas, equipos o instalaciones, en donde el mecánico, es el único que tiene la autoridad necesaria para efectuar las operaciones o actividades que él considere pertinentes y convenientes, al momento de efectuar alguna tarea o trabajo de mantenimiento, y éste por supuesto tiene que rendir los resultados al gerente de producción de la planta.

Existe una gran cantidad de factores que influyen significativamente en el tiempo de implementación de este sistema de mantenimiento en la empresa.

Entre estos factores podemos mencionar algunas:

Gran resistencia al cambio

- Aprendizaje de actividades de mantenimiento en las máquinas.
- Aprendizaje de utilización de formatos de fichas de control.
- Mantenimiento correctivo imprevisto en la maquinaria industrial.

- Aplicación total de las rutinas de mantenimiento en las máquinas.
- Rutinas de mantenimiento con frecuencia de más de 6 meses.

La bitácora de actividades en maquinaria es un registro de las acciones o tareas de mantenimiento que se llevan a cabo en cada una de las máquinas que conforman el sistema productivo de una planta o empresa. En esta bitácora de actividades de mantenimiento se incluye todos los sucesos que tuvieron lugar durante la realización de dichas tarea, las fallas que lo produjeron, los cambios que se introdujeron, el tiempo que la maquinaria estuvo ocioso y los costos que ocasionaron.

a) Historial de reparaciones

Es un registro cronológico de todas las reparaciones que se le brinda a todas las máquinas de la planta, éstos pueden ser relevantes o no. Esto con la finalidad de tener un control de todas las actividades de mantenimiento que han sido realizados, a fin de predecir futuras fallas y tener en bodega los repuestos necesarios.

- **Ficha histórica**

Este formato se utiliza para poder almacenar la totalidad de trabajos o tareas de mantenimiento que se ha efectuado en las máquinas o equipos de la planta. Esta ficha debe contener el nombre de la máquina, código, ubicación, elemento trabajado, descripción del trabajo realizado.

También se debe de anotar en esta ficha, los repuestos, materiales y herramientas utilizadas en la reparación, el costo de los mismos y las observaciones pertinentes.

- **Paro por Diversas fallas**

Este formato se utiliza en cada maquinaria de la empresa, para poder llevar un control detallado de todos los paros que se producen en éstos, debido a problemas de mantenimiento. Los datos que registra este documento son: nombre de la maquinaria, código, ubicación, número correlativo, fecha del paro, motivo del paro, duración del paro, firmas y observaciones. La Frecuencia de mantenimiento es la decisión de incluir a un equipo o maquinaria en un programa de mantenimiento preventivo planificado, es una

decisión que requiere de un análisis exhaustivo, debido a que es de vital importancia determinar el correcto período de intervención o frecuencia de mantenimiento. De lo contrario, pueden generarse pérdidas, básicamente debido a dos tipos de errores:

- Sobre-mantenimiento
- Sub-mantenimiento

El sobre-mantenimiento se produce cuando el mantenimiento preventivo interrumpe la vida útil y la operación normal de una máquina o equipo sin causa aparente. Por lo tanto la vida útil será totalmente desaprovechada y ocasionará una acumulación innecesaria de actividad de preventivo, que aumentará el gasto. Esto ha provocado en muchas ocasiones desacreditar el mantenimiento preventivo. El sub-mantenimiento ocurre cuando se determinan inadecuadamente los tiempos medios entre las fallas y la programación. Para evitar estos problemas hay que analizar los siguientes aspectos:

- Recomendaciones del fabricante de las máquinas, especialmente en la primera etapa.

- La experiencia adquirida durante la primera etapa del funcionamiento en el mantenimiento correctivo.
- La fiabilidad del equipo realizada a partir de un histórico.
- La cantidad de equipos, máquinas y su complejidad.
- Datos estadísticos tomados de plantas o empresas similares.
- Estimación de los costos de preventivos y correctivos.

El control y monitoreo de todas las actividades del programa nos permite seguir el desempeño del proyecto en cada paso de su ejecución, de forma que se pueda identificar los posibles problemas oportunamente y adoptar las acciones correctivas que permitan mantener el proyecto siempre enfocado hacia los objetivos que se pretenden cumplir. Todo esto es debido a que, un proyecto exitoso no es aquel que no tuvo ningún problema; sino que, es aquel en que los problemas se solucionaron adecuada y oportunamente. Los principales beneficios que se obtiene son:

- Se controla el avance de las rutinas o tareas de mantenimiento en ejecución.
- Podemos comparar el desempeño efectivo de las tareas con lo planeado.
- Es posible medir los resultados reales, en función de lo planeado y corregir fallas.
- Se puede revisar la calidad del trabajo de mantenimiento efectuado o en progreso.

La Verificación de cumplimiento de tareas de mantenimiento son visitas presenciales que deben realizarse directamente al punto de trabajo, con la finalidad de asegurar que se cumplan con los métodos y procedimientos específicos, tanto técnicos y prácticas establecidos en el programa de mantenimiento. Los puntos más importantes a tomar en consideración son:

- La tarea de mantenimiento se realice realizarse conforme lo indique el programa de mantenimiento de la empresa.
- La tarea de mantenimiento que se esté ejecutando sea la especificada por la orden de trabajo respectivo.

- El personal que está efectuando las tareas de mantenimiento entiende las instrucciones de mantenimiento de las órdenes de trabajo.
- Las personas que realizan los trabajos sean las asignadas o autorizadas.
- Las condiciones de seguridad durante la tarea de mantenimiento cumplan con los requisitos mínimos y recomendados.
- La tarea de mantenimiento que se está efectuando no esté expuesta a condiciones ambientales que puedan causar daño a los componentes.
- Se cumpla con la ejecución de la tarea de mantenimiento en cuestión.

Todo el personal que labora en la empresa se debe de concienciar de la gran importancia que conlleva la implementación de este nuevo sistema de mantenimiento, tanto los beneficios personales como de la organización y a la vez comprometerse a brindar toda la ayuda necesaria, a fin de lograr todos los objetivos trazados y/o propuestos. La mejora continua se hará en base a la aplicación de una acción cíclica que consta de cuatro fases fundamentales:

- **Planificar:**

En base a la situación actual y a los recursos de que se dispone definir plenamente los objetivos que queremos cumplir con la implementación del programa de mantenimiento, e ir avanzando y asegurando cada uno de ellos.

- **Ejecutar el programa:**

Una vez fijado el punto de partida y a los objetivos a los que se quiere llegar, debemos gestionar los recursos disponibles para lograrlos.

- **Controlar:**

Es necesario evaluar el grado de cumplimiento de los objetivos marcados, el control de los resultados se realizara en comparación con las metas prefijadas.

- **Actuar:**

Si existen desviaciones entre el modelo prefijado y los resultados, se debe proceder a corregir actuando sobre la planificación y la ejecución, estableciéndose así la retroalimentación del sistema.

2.2.2.4 EJECUCIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Cuando se cuenta con el manual para cada máquina es más fácil realizar las tareas de mantenimiento a cada equipo, pero cuando no se tiene dicho manual se da el problema de no saber ¿Qué partes del equipo se deben inspeccionar y darle el mantenimiento respectivo? y ¿Cada cuánto debe de hacerse dichas tareas?

En el caso de las máquinas no posean manuales de mantenimiento se deben contemplar los siguientes aspectos:

- **Visitas**

Esto consiste en realizar verificaciones periódicas en cada área de trabajo y en cada una de las máquinas y equipos que lo conforman, con la finalidad de determinar la situación o condición en las que se encuentran. Estas visitas deben efectuarse diariamente y no deben de sobrepasar de una hora.

Con las visitas lo que se persigue es detectar posibles focos de fallas para su futura programación de reparación o poder efectuar una orden de trabajo

de carácter urgente debido a la magnitud de lo observado. Sirve también para poder observar si los métodos de operación de la maquinaria por parte del trabajador es el adecuado, ya que se ha comprobado que un porcentaje de las fallas es debido al descuido y mal manejo de los equipos por parte del operador. También con las visitas se pueden realizar reparaciones de corta duración pero indispensables para el perfecto funcionamiento de la maquinaria industrial.

- **Intervenciones preventivas**

Las intervenciones preventivas son todas las actividades y rutinas descritas en el programa de mantenimiento a la maquinaria, debido a que con la ejecución de todas estas tareas de mantenimiento en cada una de los equipos que conforman el sistema productivo de la empresa, se estará reparando y previniendo los focos de averías y de esta forma evitar un posible paro, como también lograr que toda la maquinaria esté a un nivel de funcionamiento óptimo.

- **Reacondicionamiento de elementos mecánicos**

Esto consiste en volver a adecuar algún elemento mecánico de los equipos que forman parte del sistema productivo de la planta, de tal forma que

funcione nuevamente de acuerdo a su diseño original y si se puede, de mejor manera. Para ello debe de existir un estudio técnico previo a su ejecución, un estudio económico en el que se determine si vale la pena el gasto o inversión en reacondicionar determinado elemento.

- **Evaluación de personal técnico encargado de mantenimiento**

Toda actividad para que pueda ser completada con eficacia debe incluir una etapa de evaluación, debido a que evaluar es establecer una apreciación y valorar el desempeño efectuado, en este caso, el realizado por el personal técnico encargado del mantenimiento de las máquinas de la empresa.

Debe de efectuarse en un tiempo prudencial, a fin de poder tener indicadores claros sobre el desempeño efectuado y de esta forma poder tomar las acciones necesarias, según sea el caso de los resultados. Se recomienda una evaluación cada 2 meses, debido a que éste es un tiempo prudencial para comprobar si las personas que efectúan las labores de mantenimiento en la empresa son las idóneas para el cargo o si poseen las competencias requeridas.

Esto es fundamental debido a que estas personas deben de efectuar con eficiencia óptima todas las actividades y rutinas de mantenimiento del programa establecido.

▪ **Materiales indispensables en stock de repuestos y materiales**

Se debe de llevar un control estricto de los repuestos e insumos que se utilizan en todas las tareas de mantenimiento, tanto preventivo o correctivo que se ejecutan en la empresa. Esto con el objetivo de generar un historial o registro de consumo de los repuestos y materiales, que son utilizadas por el personal encargado el mantenimiento a la maquinaria y de esta manera establecer los niveles máximos, mínimos y pedido óptimo de cada uno de ellos.

De tal forma que se evite una acumulación excesiva de repuestos que generan gastos elevados e innecesarios, o por el contrario que cuando se necesite en el momento oportuno, no se tenga disponibilidad de su utilización, por falta del repuesto, ya esto también generaría contratiempos innecesarios. Los repuestos o materiales, la cantidad y período de adquisición deben de ser analizados

constantemente, para lograr mantener en stock de inventarios, únicamente los materiales indispensables para la ejecución correcta y eficaz de las tareas y actividades propias del nuevo programa de mantenimiento.

▪ **Retroalimentación de información sobre mantenimiento**

La retroalimentación permite el control de un sistema y que éste tome medidas de corrección en base a la información retroalimentada. Para lograr el éxito del programa de mantenimiento, todas las personas de la empresa deben dar y recibir constante información sobre los aspectos más importantes en la ejecución de todas las actividades referentes al programa. De esta manera, estarán en mejores condiciones de ir haciendo los ajustes que sean necesarios a fin de mejorar la productividad e implementar los cambios necesarios con el correr de los hechos.

2.2.2.5 BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

Los beneficios que la empresa adquiere por la implementación del programa de mantenimiento preventivo para la maquinaria son varios, pero entre los más importantes podemos mencionar:

- La maquinaria e instalaciones son más eficientes, ya que con el plan de mantenimiento preventivo se mantienen en las condiciones deseadas de funcionamiento, lo cual beneficia en gran manera, debido a que los paros no deseados se evitan y el proceso de producción no es interrumpido.
- Se tiene en buen funcionamiento la toda la maquinaria logrando de esta forma, que la producción alcance niveles satisfactorios, ahorro de tiempo y utilizar en forma organizada y aprovechando al máximo el personal de mantenimiento. Esto se logra con la anticipación a los posibles problemas que la maquinaria e instalaciones puedan presentar en un futuro. Esto ayuda a prolongar la vida de la maquinaria e instalaciones.
- Se tendrá un control sistemático sobre todos los trabajos de mantenimiento a realizar, además con la creación de un historial de los trabajos que se realicen a la maquinaria de la empresa, se logrará crear un archivo que facilite la detección de futuras fallas y con ello corregirlas a tiempo.
- Por la planificación que se tiene, se sabe cuál es el momento adecuado para realizar las actividades de mantenimiento, lo cual ayuda al momento de

ejecutarlas, ya que se conoce con anticipación lo que se va a realizar, el personal que lo va a realizar y los repuestos que se van a utilizar y así disminuir el tiempo en el cual la máquina permanece fuera de servicio, disminuye también los costos de producción y los recursos humanos.

- Se tiene una reducción de los costos por mantenimiento correctivo ya que con el mantenimiento preventivo se busca mantener el servicio de toda la maquinaria basándose en trabajos que requieren un costo mínimo para su ejecución, con el fin de corregir problemas que de no atenderse, puedan transformarse en un paro de mantenimiento correctivo de alto costo de mantenimiento.

2.2.3 SULFATOS

Los sulfatos están presentes de forma natural en muchos minerales y se utilizan comercialmente, sobre todo en la industria química. Se liberan al agua procedente de residuos industriales y mediante precipitación desde la atmósfera; no obstante, las concentraciones más altas suelen encontrarse en aguas subterráneas y provienen de fuentes naturales. Los sulfatos son las sales o los ésteres del ácido sulfúrico. Contienen como unidad común un átomo de azufre en el centro de un tetraedro formado

por cuatro átomos de oxígeno. Las sales de sulfato contienen el anión SO_4^{2-} .



FIGURA N° 03: SULFATO

Los sulfatos se clasifican en:

- **Sulfatos inorgánicos**

Los sulfatos inorgánicos son las sales del ácido sulfúrico. En la naturaleza se encuentran en forma de yeso, o aljez, baritina o sulfato de sodio. Por oxidación se forma de los sulfuros de muchos elementos cuando estos entren en contacto con el oxígeno del aire.

- **Sulfatos orgánicos**

Los sulfatos orgánicos son ésteres del ácido sulfúrico con la fórmula genérica $\text{R-O-SO}_2\text{-O-R'}$. Se pueden formar directamente del alcohol correspondiente y del ácido sulfúrico o del trióxido de azufre o a partir del alcohol y el cloruro de sulfurilo (Cl_2SO_2) en presencia de una base.

Puede decirse, por lo tanto, que las sales que forman un ácido sulfúrico reciben el nombre de sulfatos. Estas sales se componen de cuatro átomos de oxígeno que rodean un átomo de azufre ubicado en el centro. El sulfato de aluminio, por ejemplo, se emplea como coagulante o como purificador de agua. Para obtener este sulfato, se debe disolver hidróxido de aluminio en ácido sulfúrico. También como coagulante se usa el sulfato de calcio, cuya fórmula es CaSO_4 . El sulfato de potasio o arcanita, por su parte, es un sólido cristalino que suele utilizarse como fertilizante de tipo inorgánico.

Otro sulfato muy utilizado es el sulfato de magnesio. En el ámbito de la medicina, se utiliza para desinflamar y relajar los músculos. Además los jardineros y los agricultores acuden a este sulfato cuando se necesita añadir magnesio al suelo. Gracias a su elevada solubilidad, el sulfato de magnesio es una mejor opción frente a otras clases de aditivos de magnesio.

Además de los distintos tipos de sulfatos ya destacados podemos hacer mención a otros igualmente relevantes como son estos:

- El sulfato de sodio, también llamado sulfato sódico, que destaca por ser incoloro y que se utiliza para una larga lista de funciones tales como aditivo en la fabricación de lo que es vidrio, como elemento desecante en las distintas industrias del

sector químico, como desinfectante e incluso como componente en la fabricación de celulosa.

- El sulfato de amonio, que se identifica por tener aspecto de cristales y un notable color blanco. Por regla general, es empleado como floculante y se ha convertido en uno de los aliados perfectos de multitud de agricultores a la hora de conseguir que la tierra esté en perfecto estado para conseguir las mejores hortalizas.

2.2.3.1 SULFATO DE MAGNESIO

El sulfato de magnesio o sulfato magnésico, de nombre común sal de Epsom (o sal inglesa), es un compuesto químico que contiene magnesio, y cuya fórmula es $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. El sulfato de magnesio sin hidratar MgSO_4 es muy poco frecuente y se emplea en la industria como agente secante. Por esta razón, cuando se dice «sulfato de magnesio» se entiende implícitamente la sal hidratada. El mismo criterio se aplica a la sal de Epsom. Para las preparaciones medicinales en las que se utilizará como solución acuosa se emplea el hidrato, porque los cristales hidratados de esta sal, que no son deliquescentes, pueden pesarse con escaso error y ser sometidos sin mayores inconvenientes a los procesos de control de calidad en la manufactura.



FIGURA Nº 04: SULFATO DE MAGNESIO

Apariencia	Sólido cristalino blanco
Densidad	2660 kg/m ³ ; 2,66 g/cm ³
Masa molar	120.36 g/mol (Anhidroso) 246.48 g/mol (Heptahidratado) g/mol
Punto de fusión	1.397 K (1.124 °C)
Propiedades químicas	
Solubilidad en agua	35.5 g/100 ml (20 °C)

TABLA Nº 01: PROPIEDADES FÍSICAS DEL SULFATO DE MAGNESIO

▪ Elaboración

El sulfato magnésico puede elaborarse a partir de magnesio y ácido sulfúrico, según la siguiente reacción:

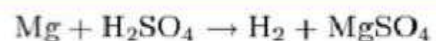


FIGURA Nº 05: REACCIÓN DE MAGNESIO Y ÁCIDO SULFÚRICO

También partiendo de los óxidos de magnesio o de sus hidróxidos, más ácido sulfúrico:

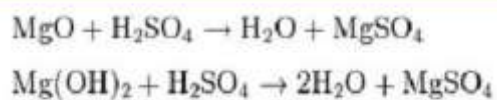


FIGURA Nº 06: REACCIÓN ÓXIDO DE MAGNESIO + ACIDO SULFÚRICO

2.3 MARCO CONCEPTUAL

- **Componente:** Ingenio esencial para el funcionamiento de una actividad mecánica, eléctrica o de otra naturaleza física, que, conjugado a otro crea el potencial de realizar un trabajo.
- **Defecto:** Ocurrencia en un ítem que no impide su funcionamiento, sin embargo, puede a corto o largo plazo, acarrear su indisponibilidad.
- **Equipo:** Conjunto de Componentes interconectados con que se realiza materialmente una actividad de una instalación.
- **Estrategia:** Metodología empleada para llevar a cabo el mantenimiento.
- **Falla:** Ocurrencia en un ítem que impide su funcionamiento.
- **Familia de equipos:** Equipos con iguales características de construcción (mismo fabricante, mismo tipo, mismo modelo). **Item de**
- **Mantenimiento:** Equipo, Obra o Instalación.
- **Líquidos:** De base (origen) mineral o vegetal. Son necesarios para la lubricación hidrodinámica y son usados comúnmente en la industria, motores y como lubricantes de perforación.
- **Lubricación:** Adiciones, cambios, llenado, exámenes y análisis de los lubricantes.
- **Lubricación sólida o límite:** Es la lubricación que se consigue con una película con una buena untuosidad es decir con la propiedad de adherirse a las superficies, separándolas y evitando la fricción metal – metal, sobre todo en los momentos de arrancar la máquina.
- **Mantenibilidad:** Facilidad de un ítem en ser mantenido.

- **Mantenimiento:** Todas las acciones necesarias para que un ítem sea conservado o restaurado de modo que permanezca de acuerdo con una condición especificada.
- **Mantenimiento Preventivo:** Todos los servicios de inspecciones sistemáticas, ajustes, conservación y eliminación de defectos, buscando evitar fallas.
- **Mantenimiento Correctivo:** Todos los servicios ejecutados en los equipos con falla.
- **Mantenimiento Preventivo por Tiempo:** Servicios preventivos preestablecidos a través de una programación (preventiva sistemática, lubricación, inspección o rutina), definidos en unidades calendario (día, semana) o en unidades no calendario (horas de funcionamiento, kilómetros recorridos etc.).
- **Mantenimiento Preventivo por Estado:** Servicios preventivos ejecutados en función de la condición operativa del equipo (reparación de defectos, predictivo, reforma o revisión general etc.).
- **Modo de falla:** Falla o avería típica de una unidad. Se tipifica como la parte que falla y la frecuencia con que lo hace una unidad.
- **Monitoreo de condiciones:** Conjunto de técnicas de inspección que se utilizan para conocer las condiciones de operación de equipos y tomar las acciones preventivas o correctivas necesarias. **Parte:**
 - Componente simple de cada unidad.
 - **Pieza:** Es todo y cualquier elemento físico no divisible de un mecanismo.

- **Plan:** Conjunto de estrategias seguidas para llevar a cabo el mantenimiento.
- **Planta:** Conjunto de maquinaria, equipos y procesos para el tratamiento de las aguas.
- **Prioridad:** Intervalo de tiempo que debe transcurrir entre la constatación de la necesidad de una intervención de mantenimiento y el inicio de la misma.
- **Semisólidos:** Son las denominadas "Grasas". Su composición puede ser mineral, vegetal y frecuentemente son combinadas con muchos tipos de lubricantes sólidos como el Grafito, Molibdeno o Litio.
- **Sistema Operacional:** Conjunto de equipos para ejecutar una función de una instalación.
- **Sólidos:** Es un tipo de material que ofrece mínima resistencia molecular interna por lo que por su composición ofrece óptimas condiciones de lubricación sin necesidad de un aporte lubricante líquido o semisólido.
- **Sulfato:** Los sulfatos son las sales o los ésteres del ácido sulfúrico.
- **Tour o recorrido:** Recorrido de inspección o de trabajo por la planta, siguiendo el flujo del agua y optimizando las distancias recorridas.
- **Unidad:** Componente de la planta que realiza una función determinada en el proceso.
- **Unidad de Proceso o Servicio:** Conjunto de Sistemas Operacionales para la generación de un producto o servicio.

CAPÍTULO III
DESARROLLO Y APLICACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO
PREVENTIVO

3.1 DESARROLLO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Un punto importante a considerar para el desarrollo del plan de mantenimiento preventivo para la planta de Sulfatos de la Empresa FERROSALT S.A., fue el análisis de criticidad de los equipos, motivo por el cual a continuación detallo dicho procedimiento.

3.1.1 ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LOS EQUIPOS

Para el análisis de criticidad, se procedió a la utilización de la “Tabla de importancia Crítica de los Equipos” (ver Tabla N° 02), evaluando en relación a las siguientes escalas:

ESCALA DE REFERENCIA		
A	CRITICA	16 a 20
B	IMPORTANTE	11 a 15
C	REGULAR	06 a 10
D	OPCIONAL	00 a 05

TABLA N° 02: ESCALA DE REFERENCIA DE CRITICIDAD

La asignación de los valores de ponderación se obtiene calificando al equipo por su incidencia sobre cada variable. Este paso requiere un buen conocimiento del equipo en referencia a su sistema, su operación, su valor, y los daños que podría ocasionar una falla.

IMPORTANCIA CRITICA DE LOS EQUIPOS				
ITEM	VARIABLES	CONCEPTO	PONDERACION	OBSERVACIONES
1	Efecto sobre el Servicio que proporciona:			
		Para	4	
		Reduce	2	
		No para	0	
2	Valor Técnico - Económico:			
	Considerar el costo de Adquisición, Operación y Mantenimiento.	Alto	3	Más de U\$ 45 000
		Medio	2	
		Bajo	1	Menos de U\$ 2000
3	La falla Afecta:			
	a. Al Equipo en si	Si	1	Deteriora otros componentes?
		No	0	
	b. Al Servicio	Si	1	Origina problemas a otros equipos?
		No	0	
	c. Al operador:	Riesgo	1	Posibilidad de accidente del operador?
		Sin Riesgo	0	
	d. A la seguridad en general	Si	1	Posibilidad de accidente a otras personas ù
		No	0	Otros equipos cercanos.
4	Probabilidad de Falla (Confiabilidad):			
		Alta	2	Se puede asegurar que el equipo va a trabajar
		baja	0	Correctamente cuando se le necesite?
5	Flexibilidad del Equipo en el Sistema:			
		Único	2	No existe otro igual o similar
		By pass	1	El sistema puede seguir funcionando.
		Stand by	0	Existe otro igual o similar no instalado
6	Dependencia Logística:			
		Extranjero	2	Repuestos se tienen que importar
		Local/Ext.	1	Algunos repuestos se compran localmente.
		Local	0	Repuestos se consiguen localmente.
7	Dependencia de la Mano de Obra:			
		Terceros	2	El Mantenimiento requiere contratar a terceros.
		Propia	0	El Mantenimiento se realiza con personal propio.
8	Facilidad de Reparación (Mantenibilidad):			
		Baja	1	Mantenimiento difícil.
		Alta	0	Mantenimiento fácil.

TABLA N° 03: VARIABLES Y PREGUNTAS PARA DETERMINAR LA IMPORTANCIA CRÍTICA DE LOS EQUIPOS

En la tabla anterior se muestra las variables relacionadas a la importancia crítica de los equipos, resaltando en el ítem “observaciones” las preguntas que determinaran el estado de criticidad.

3.1.2 PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

A partir de la obtención de los resultados de criticidad en los equipos, se realiza el desarrollo el Mantenimiento preventivo, basado en el siguiente diagrama de flujo:

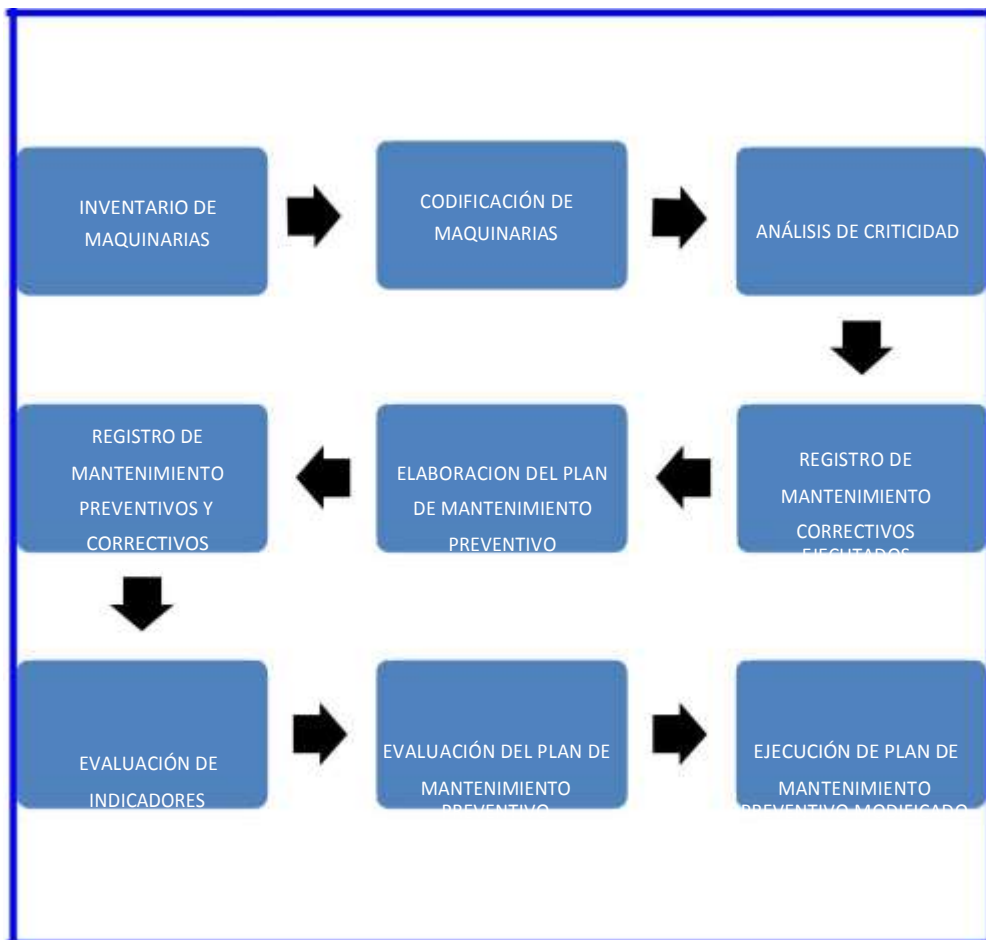


FIGURA N° 07: DIAGRAMA DE FLUJO – MANTENIMIENTO PREVENTIVO

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EQUIPOS - 2013					ENERO																															FEBRERO																																			
ITM	PLANTA	EQUIPO	CODIGO	FREC.	SEMANA 01							SEMANA 02							SEMANA 03							SEMANA 04							SEMANA 05							ENERO	S. 05		SEMANA 06							SEMANA 07							SEMANA 08														
					D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S		D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M
							01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31				01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31

- L Limpieza
- E Engrasar
- U Lubricar y revisar del sistema hidráulico.
- H Verificación de rodajes, lavado de tanques de Unid. Hidraulica.
- A Ajuste de conectores hidraulicos, soportes y perneria.
- Z Lavado de equipo y ajuste de piezas.
- I Inspección
- Q Lavado químico
- S Prueba de sensores
- F Verificación de llaves y ajuste
- V Verificación

- Anual
- Trimestral
- 4 Meses
- Mensual
- Semestral
- 3 Semanas
- 9 Días
- Bimestral

←
...
OCT
NOV
DIC
Plan MP 2013
ENE
FEB
MAR
ABR
MAY
JUN
+
⋮
⏪
⏩

FIGURA N° 08: ESQUEMA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EQUIPOS


	<h2 style="margin: 0;">ORDEN DE TRABAJO</h2>	R-011-M A NT. ELAB: A . M ANT. REV: J. M ANT. APROB: J. M ANT. VER: 01-19/10/2012										
NUMERO DE OT: AREA: EQUIPO: COMPONENTE: TIPO MANT.: MANTENIMIENTO DESCRIPCION: MANTENIMIENTO	FECHA INICIO: FECHA FINAL: INICIO (HR): TERMINO (HR): FRECUENCIA:	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 60%;">PROGRAMADO</th> <th style="width: 40%;">REAL</th> </tr> <tr> <td style="border-bottom: 1px solid black;"></td> <td style="text-align: center; border-bottom: 1px solid black;">_ / _ / _</td> </tr> <tr> <td style="border-bottom: 1px solid black;"></td> <td style="text-align: center; border-bottom: 1px solid black;">_ / _ / _</td> </tr> <tr> <td style="border-bottom: 1px solid black;"></td> <td style="text-align: center; border-bottom: 1px solid black;">_ : _</td> </tr> <tr> <td style="border-bottom: 1px solid black;"></td> <td style="text-align: center; border-bottom: 1px solid black;">_ : _</td> </tr> </table>	PROGRAMADO	REAL		_ / _ / _		_ / _ / _		_ : _		_ : _
PROGRAMADO	REAL											
	_ / _ / _											
	_ / _ / _											
	_ : _											
	_ : _											
ACTIVIDADES A REALIZAR * * * * * * * *												
NOTA: USAR IMPLEMENTO DE SEGURIDAD PERSONAL (EPP)												
REPUESTOS												
HERRAMIENTAS												
PERSONAL												
OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>												
ELECTRICISTA	JEFE DE ELECTRICISTAS											

FIGURA N° 09: ORDEN DE TRABAJO – ELÉCTRICO

NUMERO DE OT:	FECHA INICIO:	PROGRAMADO	REAL
AREA:	FECHA FINAL:	___/___/___	___/___/___
EQUIPO:	INICIO (HR):	___:___	___:___
COMPONENTE:	TERMINO (HR):	___:___	___:___
TIPO MANT.: MANTENIMIENTO	FRECUENCIA:		
DESCRIPCION: MANTENIMIENTO			

ACTIVIDADES A REALIZAR

- *
- *
- *
- *
- *
- *
- *

NOTA: USAR IMPLEMENTO DE SEGURIDAD PERSONAL (EPP)

REPUESTOS

HERRAMIENTAS

PERSONAL

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

MECANICO	SUPERVISOR DE TALLER
----------	----------------------

FIGURA N° 10: ORDEN DE TRABAJO – MECÁNICO

3.2 APLICACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

En referencia a la aplicación del plan de mantenimiento descrito en el punto anterior, a continuación se muestra los reportes de criticidad obtenidos sobre la **LÍNEA SULFATO DE MAGNESIO**.

Se evaluó las horas paradas que hubo en cada máquina evaluada en criticidad y se comparó con las horas mensuales que debe funcionar (24hrs diarias) resultando un porcentaje por mes.

Meses Laborados Año 2013	Días de operación	Horas por mes
Enero	31	744
Febrero	28	672
Marzo	31	744
Abril	30	720
Mayo	31	744
Junio	30	720
Julio	31	744
Agosto	31	744
Septiembre	30	720
Octubre	31	744
Noviembre	30	720
Diciembre	31	744

TABLA N° 04: DIAS Y HORAS DE OPERACIÓN DE LOS EQUIPOS DE LA LINEA SULFATO MAGNESIO

SULFATO MAGNESIO												
	Ene. 13	Feb. 13	Mar. 13	Abr. 13	May. 13	Jun. 13	Jul. 13	Ago. 13	Sep. 13	Oct. 13	Nov. 13	Dic. 13
CENTRIFUGA 01	10:10:00	9:24:00	8:18:00	3:45:00	1:45:00	3:05:00						
CENTRIFUGA 02	3:00:00	4:00:00	6:15:00	0:45:00	3:00:00	7:30:00						
CENTRIFUGA 03	3:00:00	4:50:00	4:30:00		3:22:00	8:55:00						
CRISTALIZADOR 01		0:20:00	1:50:00		0:55:00	15:05:00						
CRISTALIZADOR 02		4:10:00	5:40:00	3:25:00	8:55:00	6:10:00						
CRISTALIZADOR 03	2:10:00	8:50:00		2:35:00	0:45:00	3:05:00						
CRISTALIZADOR 04		0:45:00		1:40:00		1:00:00						
CRISTALIZADOR 05			0:35:00	0:20:00	5:55:00	1:10:00						
CRISTALIZADOR 06				1:45:00	2:05:00							
CRISTALIZADOR 07		0:45:00		1:15:00		2:25:00						
CRISTALIZADOR 08		0:10:00	0:25:00	2:00:00								
CRISTALIZADOR 09		0:50:00	4:39:00		2:15:00	0:46:00						
FILTRO PRENSA 01	13:15:00	7:49:00	14:20:00	0:40:00	8:25:00	7:30:00						
FILTRO PRENSA 02	4:20:00	9:45:00	9:05:00	10:50:00	9:30:00	25:55:00						
REACTOR 01			12:35:00	22:59:00	10:00:00	20:30:00						
REACTOR 02	4:15:00	6:23:00	9:55:00	0:50:00	17:25:00	2:40:00						
REACTOR 03	6:50:00	21:02:00	3:55:00	0:20:00	9:06:00	2:00:00						
SECADOR 01	11:25:00	24:10:00	10:35:00	8:25:00	25:07:00	23:05:00						

TABLA N° 05: HORAS MENSUALES DE PARADA DE LOS EQUIPOS DE SULFATO MAGNESIO

DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS													
LINEA: SULFATO MAGNESIO													
Periodo 01 de Enero 2013 al 31 Diciembre del 2013													
EQUIPO	Ene. 13	Feb. 13	Mar. 13	Abr. 13	May. 13	Jun. 13	Jul. 13	Ago. 13	Sep. 13	Oct. 13	Nov. 13	Dic. 13	Prom. Actual
CENTRIFUGA 01	92.35	96.07	99.53	99.93	99.61	99.77							97.88
CENTRIFUGA 02	99.60	99.40	99.16	99.90	99.60	98.96							99.44
CENTRIFUGA 03	99.60	99.28	99.40	100.00	99.55	98.76							99.43
CRISTALIZADOR 01	100.00	99.95	99.75	100.00	99.88	97.91							99.58
CRISTALIZADOR 02	100.00	99.38	99.24	99.53	98.80	99.14							99.35
CRISTALIZADOR 03	99.71	98.69	100.00	99.64	99.90	99.57							99.58
CRISTALIZADOR 04	100.00	99.89	100.00	99.77	100.00	99.86							99.92
CRISTALIZADOR 05	100.00	100.00	99.92	99.95	99.20	99.84							99.82
CRISTALIZADOR 06	100.00	100.00	100.00	99.76	99.72	100.00							99.91
CRISTALIZADOR 07	100.00	99.89	100.00	99.83	100.00	99.66							99.90
CRISTALIZADOR 08	100.00	99.98	99.94	99.72	100.00	100.00							99.94
CRISTALIZADOR 09	100.00	99.88	99.38	100.00	99.70	99.89							99.81
FILTRO PRENSA 01	98.22	98.84	98.07	99.91	98.87	98.96							98.81
FILTRO PRENSA 02	99.42	98.55	98.78	98.50	98.72	96.40							98.39
REACTOR 01	100.00	100.00	98.31	96.81	98.66	97.15							98.49
REACTOR 02	99.43	99.05	98.67	99.88	97.66	99.63							99.05
REACTOR 03	99.08	96.87	99.47	99.95	98.78	99.72							98.98
SECADOR 01	98.47	96.40	98.58	98.83	96.62	96.79							97.62

TABLE N°06:
PORCENTAJE DE
DISPONIBILIDAD DE
EQUIPOS

N°	Fecha	C.Costo	Tipo	Maquina	Descripcion	Tarea Recomendada
OT-1668	09/01/2015	019335 - Línea Sulfato Magnesio	PREVENTIVO	CENTRIFUGA 01	Ajustar conectores hidráulicos, soportes, verificar manómetros, lubricación, central hidráulica	Falta colocar placa base NG10 con sus conectores
OT-1596	10/11/2014	019335 - Línea Sulfato Magnesio	PREVENTIVO	CENTRIFUGA 01	Ajuste de conectores, soportes, pernería; verificación de estado de manómetros, lubricación	Se recomienda cambiar filtro de succión y portafiltra
OT-1560	10/10/2014	019335 - Línea Sulfato Magnesio	PREVENTIVO	CENTRIFUGA 01	Ajuste de conectores, soportes y pernería; verificación de estado de componentes, etc.	Se recomienda cambiar conectores en mal estado
OT-1526	10/09/2014	019335 - Línea Sulfato Magnesio	PREVENTIVO	CENTRIFUGA 01	Ajuste de conectores, soportes y pernería; verificación de componentes, etc.	s/o
OT-1490	11/08/2014	019335 - Línea Sulfato Magnesio	PREVENTIVO	CENTRIFUGA 01	Verificación de rodajes, cambio de aceite, etc.	Presenta fuga por electroválvulas, se necesitan un
OT-1421	10/06/2014	019335 - Línea Sulfato Magnesio	PREVENTIVO	CENTRIFUGA 01	Ajuste de conectores, soportes y pernería; verificación de manómetros, central hidráulica, etc.	El equipo se encontró con suciedad.
OT-1458	10/07/2014	019335 - Línea Sulfato Magnesio	PREVENTIVO	CENTRIFUGA 01	Ajuste de conectores, soportes y pernería, etc.	Se realizó algunos requerimientos en los pedidos
OT-1385	10/05/2014	019335 - Línea Sulfato Magnesio	PREVENTIVO	CENTRIFUGA 01	Ajustar conectores hidraulicos , ajustar soportes , etc.	Se recomienda hacer una parada , verificar el estado
OT-1357	10/04/2014	019335 - Línea Sulfato Magnesio	PREVENTIVO	CENTRIFUGA 01	Ajustar conectores hidraulicos , ajustar soportes , ajustar perneria , etc	s/o
OT-1319	10/03/2014	019335 - Línea Sulfato Magnesio	PREVENTIVO	CENTRIFUGA 01	Ajuste de conectores, soportes y pernería; verificación de manómetros, central hidráulica, etc.	La tubería que alimenta a la centrífuga está golpea
OT-1286	10/02/2014	019335 - Línea Sulfato Magnesio	PREVENTIVO	CENTRIFUGA 01	Verificación de rodajes, cambio de aceite, etc.	s/o
OT-1240	10/01/2014	019335 - Línea Sulfato Magnesio	PREVENTIVO	CENTRIFUGA 01	Ajuste de conectores, soportes y pernería; verificar estado de manómetros, central hidráulica	s/o
OT-1206	11/12/2013	019335 - Línea Sulfato Magnesio	PREVENTIVO	CENTRIFUGA 01	Ajuste de conectores, soportes y pernería; verificación de estado de manómetros, central hidráulica	s/o
OT-1139	11/11/2013	019335 - Línea Sulfato Magnesio	PREVENTIVO	CENTRIFUGA 01	Ajuste de conectores, soportes y pernería. Verificación de estado de manómetros, lubricación	Se encontró algunos pernos flojos, se ajustaron co
OT-1085	10/10/2013	019335 - Línea Sulfato Magnesio	PREVENTIVO	CENTRIFUGA 01	Ajuste de conectores, soportes y pernería. Verificación de estado de manómetros, lubricación	Se reprograma mantenimiento porque el equipo es
OT-1045	11/09/2013	019335 - Línea Sulfato Magnesio	PREVENTIVO	CENTRIFUGA 01	Ajuste de conectores, soportes y pernería. Verificar estado de manómetros, lubricación, etc.	Se limpió todo el equipo y se engraso punto de lub
OT-967	10/08/2013	019335 - Línea Sulfato Magnesio	PREVENTIVO	CENTRIFUGA 01	VERIFICACIÓN DE RODAJES, LIMPIEZA DEL EQUIPO, ETC.	SE ENCONTRÓ QUE LA VÁLVULA LIMITADORA NO

TABLA N° 07: REGISTRO DE ÓRDENES DE MANTENIMIENTO

3.3 REVISIÓN Y CONSOLIDACION DE RESULTADOS

A continuación se muestra los resultados obtenidos producto de la aplicación del mantenimiento preventivo, sobre la Línea Sulfato Magnesio.

TEMF, es el análisis del Tiempo medio entre fallas para los equipos de producción, cada 2 meses Horas del primer periodo, son las horas de los meses Enero y Febrero para ese año.

Horas del 1º Periodo	1416:00:00		
Equipos	TMEF (Ene-Feb)	TMEF / DIA (Ene-Feb)	FALLAS TOTALES
Reactor 01	N/R	N/R	N/R
Reactor 02	141:36:00	5.90	10
Reactor 03	74:31:35	3.11	19
Filtro Prensa 01	94:24:00	3.93	15
Filtro Prensa 02	236:00:00	9.83	6
Cristalizador 01	1416:00:00	59.00	1
Torre de Enf. 01	N/R	N/R	N/R
Cristalizador 02	472:00:00	19.67	3
Torre de Enf. 02	708:00:00	29.50	2
Cristalizador 03	141:36:00	5.90	10
Torre de Enf. 03	N/R	N/R	N/R
Cristalizador 04	1416:00:00	59.00	1
Torre de Enf. 04	N/R	N/R	N/R
Cristalizador 05	N/R	N/R	N/R
Torre de Enf. 05	N/R	N/R	N/R
Cristalizador 06	N/R	N/R	N/R
Torre de Enf. 06	N/R	N/R	N/R
Cristalizador 07	1416:00:00	59.00	1
Torre de Enf. 07	N/R	N/R	N/R
Cristalizador 08	N/R	N/R	N/R
Torre de Enf. 08	1416:00:00	59.00	1
Cristalizador 09	1416:00:00	59.00	1
Torre de Enf. 09	N/R	N/R	N/R
Centrifuga 01	177:00:00	7.38	8
Centrifuga 02	N/R	N/R	N/R
Centrifuga 03	472:00:00	19.67	3
Secador Rotativo	61:33:55	2.57	23

TABLA N° 08: LINEA DE MAGNESIO - TMEF 1º PERIODO

Horas del 2º Periodo	1464:00:00		
Equipos	TMEF (Mar-Abr)	TMEF / DIA (Mar-Abr)	FALLAS TOTALES
Reactor 01	86:07:04	3.47	17
Reactor 02	146:24:00	6.10	10
Reactor 03	244:00:00	10.17	6
Filtro Prensa 01	209:08:34	8.71	7
Filtro Prensa 02	104:34:17	4.36	14
Cristalizador 01	488:00:00	20.33	3
Torre de Enf. 01	N/R	N/R	N/R
Cristalizador 02	488:00:00	20.33	3
Torre de Enf. 02	1464:00:00	61.00	1
Cristalizador 03	1464:00:00	61.00	1
Torre de Enf. 03	N/R	N/R	N/R
Cristalizador 04	488:00:00	20.33	3
Torre de Enf. 04	N/R	N/R	N/R
Cristalizador 05	732:00:00	30.50	2
Torre de Enf. 05	1464:00:00	61.00	1
Cristalizador 06	1464:00:00	61.00	1
Torre de Enf. 06	N/R	N/R	N/R
Cristalizador 07	1464:00:00	61.00	1
Torre de Enf. 07	1464:00:00	61.00	1
Cristalizador 08	732:00:00	30.50	2
Torre de Enf. 08	N/R	N/R	N/R
Cristalizador 09	366:00:00	15.25	4
Torre de Enf. 09	N/R	N/R	N/R
Centrifuga 01	366:00:00	15.25	4
Centrifuga 02	488:00:00	20.33	3
Centrifuga 03	1464:00:00	61.00	1
Secador Rotativo	81:20:00	3.39	18

TABLA N° 09: LINEA DE MAGNESIO - TMEF 2º PERIODO

Líneas abajo del análisis, se evalúa una de las máquinas que presentan fallas menores a una frecuencia de 5 días.

Modo de Falla	Suma de Hrs Maquina Parada	Cantidad de Fallas
DESAJUSTE	1:30:00	3
DESGASTE	3:30:00	4
DESGASTE DE RODAMIENTOS	7:25:00	1
DESGASTE DE SELLO MECANIC	3:35:00	3
FALLA ELECTRICA	4:50:00	2
FISURA	0:27:00	2
OPERATIVO	6:35:00	4
Total	27:52:00	19

TABLA N° 10: ANALISIS DE FALLA REACTOR 3

Hrs Maquina Parada Enero/Febrero 2013 Reactor 03

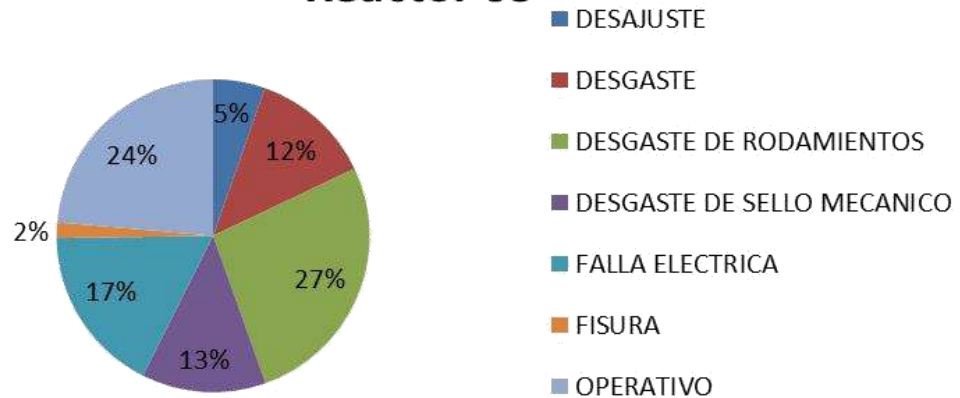


FIGURA N° 11: HORAS MAQUINA PARADA ENERO – FEBRERO 2013 REACTOR 3

Causas de falla del	Elemento de máquina	Suma de Hrs Maquina Parada	Cantidad de Fallas
Desgaste de Rodamientos	AGITADORES	7:25:00	1
DESGASTE POR TRABAJO	Elemento de máquina	7:25:00	1
Desgaste de Rodamientos	TOTAL	7:25:00	1
DESGASTE POR TRABAJO	AGITADORES	7:25:00	1
TOTAL	TOTAL	7:25:00	1

TABLA N° 11: CANTIDAD DE FALLAS POR DESGASTE DE RODAMIENTO

Causas de falla de Operativo	Elemento de máquina	Suma de Hrs Maquina Parada	Cantidad de Fallas
LIMPIEZA	MOTOR DE ALIMENTADOR	12:20:00	1
Causas de falla de OPERATIVO	Elemento AGITADOR de máquina	0:10:00	1
-	BOMBA	0:20:00	1
LIMPIEZAMALA OPERACIÓN	MOTORTUBERIADEALIMENTADORVAPOR	12:0:40:00	1 1
OPERATIVO	TOTAL		4
	BOMBA	0:20:00	1
MALA OPERACIÓN	TUBERIA DE VAPOR	0:40:00	1
	TOTAL	13:30:00	4

TABLA N° 12: CANTIDAD DE FALLAS POR LIMPIEZA – MALA OPERACIÓN - OPERATIVO

CONCLUSIONES

- Se concluye que producto de la aplicación del plan de mantenimiento preventivo propuesto a la planta de Sulfatos de empresa Ferrosalt S.A de la Línea Sulfato Magnesio, se logró identificar el tiempo medio entre fallas, los mismo que permitieron prever acciones necesarias, garantizando la operatividad de los mismos.
- Se concluye que el plan de mantenimiento preventivo desarrollado para la Planta Sulfatos de la Empresa Ferrosalt S.A, identificó que los equipos Reactor 03, Filtro de prensa 01 y Secador Rotativo, son los que presentan la mayor frecuencia de falla, en la Línea Sulfato Magnesio.
- Se concluye que el plan de mantenimiento preventivo propuesto logró identificar el tiempo medio entre fallas en la Línea de Sulfato Magnesio siendo estos de 3.11 horas para el caso del Reactor 03, 3.93 horas para el caso del Filtro de prensa 01 y de 2.57 horas para el secador Rotativo.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar el análisis sobre la identificación de tiempo medio entre fallas para las demás líneas de sulfato presentes en el proceso productivo de la planta de sulfato de la empresa Ferrosalt S.A
- Se recomienda desarrollar, otros programas de mantenimiento, tales como correctivo u Overhaul a fin de garantizar la operatividad del proceso productivo de la planta de sulfatos de la Empresa Ferrosalt S.A.
- Se recomienda que a partir de la aplicación del mantenimiento preventivo, evaluar los costos relacionados a tal proceso, a fin de realizar un análisis comparativo en referencia al costo del equipo y a su mantenimiento.

BIBLIOGRAFÍA

1. **ABRILL. P.** (2007). Mantenimiento de motores diesel aplicando un programa integral de control de activos fijos. (Tesis de Pre Grado). Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú.
2. **CEDEÑO. R.** (2013). Propuesta de plan de mantenimiento preventivo basado en la norma COVENÍN 3049-93 para la planta de mezcla de fluidos de perforación en la Empresa PROAMSA Maturín Estado Monagas. (Tesis de Pre Grado). Instituto Universitario Politécnico. Maturín, Venezuela.
3. **ARAPE. J.** (2009). Implementación del mantenimiento preventivo en fábrica nacional de cementos, división, concretos y agregados. (Tesis de Pre Grado). Universidad Simón Bolívar. Caracas, Venezuela.
4. **FERNÁNDEZ. M.** (2001). Técnicas para el Mantenimiento. Barcelona, España: MARCOMBO.
5. **BYRNES. M.** (2005). Bumper to Bumper. Estados Unidos: BARRON`S EDUCATIONAL SERIES.
6. **ARATA. A.** (2009). Ingeniería y gestión de la confiabilidad operacional en plantas industriales. Chile: RIL

BIBLIOGRAFÍA ELECTRONICA

1. **PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS PROCESOS DE TRITURACIÓN Y MOLIENDA.**

<http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2005/116184.pdf>

Autor: Pacheco V., M.

2. **PLANTEAMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN Y EJECUCIÓN DE MANTENIMIENTO OVERHAUL**

<http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/7802/2/144458.pdf>

Autor: Ardila P., G.

ANEXO

DIAGRAMA DE FLUJO DE LA LÍNEA SULFATO MAGNESIO

