

**IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA PLANTA DE
FERTILIZANTES DE LA EMPRESA ACERÍAS PAZ DEL RIO VOTORANTIM
SIDERURGIA**

ANDRÉS MONTAÑA CHAPARRO

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2016

**IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA PLANTA DE
FERTILIZANTES DE LA EMPRESA ACERÍAS PAZ DEL RIO VOTORANTIM
SIDERURGIA**

ANDRÉS MONTAÑA CHAPARRO

**Trabajo de grado para optar al título de
Ingeniero Mecánico**

Director

PEDRO JOSÉ DÍAZ GUERRERO

Ingeniero Mecánico

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2016

AGRADECIMIENTOS

A mi madre **Flor De María Chaparro**, quien mantuvo su constante apoyo y lucho a mi lado para verme convertido en un exitoso profesional.

Al recuerdo de **mi padre**, quien siempre soñó y trabajó durante su paso por la tierra, para que sus hijos fueran personas de bien.

A **mis hermanos**, quienes en mis momentos de debilidad me impulsaron con su ejemplo y palabras de aliento para superar las adversidades y derrotas que encontré en el proceso de mi formación como profesional.

A **Dios**, por la vida, aptitudes y habilidades intelectuales con las que me ha dotado y la oportunidad de explotárselas en el diario vivir.

A la **Universidad Industrial de Santander** y su **Escuela de Ingeniería Mecánica**, por acogerme, apoyarme y prepararme para enfrentar los retos de la vida laboral.

Al profesor **Pedro José Díaz Guerrero**, por su apoyo, interés y orientación en el desarrollo del presente proyecto. Quien desde el primer momento vio, que éste ofrecía la oportunidad de mostrar la calidad de profesionales que se forman en la UIS.

A la empresa **Acerías Paz Del Rio Votorantim**, por la oportunidad de permitirme aplicar y demostrar el alcance de los conocimientos adquiridos durante mi formación profesional.

Al ingeniero **Juan Carlos Medina López**, quien permitió y brindó los medios necesarios para el desarrollo del plan de mantenimiento en la planta a su cargo.

A mis **amigos**, compañeros en la lucha diaria compartiendo esfuerzos, alegrías, tristezas que nos escoltaron durante el paso por la universidad.

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|--|----|
| INTRODUCCIÓN | 14 |
| 1. ACERÍAS PAZ DEL RIO VOTORANTIM SIDERURGIA..... | 16 |
| 1.1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA | 16 |
| 1.2. LOCALIZACIÓN | 16 |
| 1.3. RESEÑA HISTÓRICA | 17 |
| 1.4. MISIÓN | 18 |
| 1.5. VISIÓN | 19 |
| 1.6. VALORES..... | 19 |
| | |
| 2. LA EMPRESA Y SUS PROCESOS..... | 20 |
| 2.1. PLANTA DE FERTILIZANTES | 22 |
| 2.1.1. Abono Paz del Río | 26 |
| 2.1.2. Saco de 50 kilogramos tipo Kraft Valvulado | 27 |
| 2.1.3. Registro de venta Abono Paz del Río | 28 |
| | |
| 3. GESTIÓN DE ACTIVOS ACERÍAS PAZ DEL RIO VOTORATIM..... | 29 |
| 3.1. POLÍTICA DE GESTIÓN DE ACTIVOS..... | 29 |
| 3.2. ESTRATEGIA DE GESTIÓN DE ACTIVOS | 29 |
| 3.3. OBJETIVOS DE GESTIÓN DE ACTIVOS..... | 30 |
| 3.4. MANDAMIENTOS DE LA GESTIÓN DE ACTIVOS | 30 |
| 3.5. PLANES DE GESTIÓN DE ACTIVOS..... | 30 |
| | |
| 4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 31 |
| 4.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA | 31 |
| 4.2. JUSTIFICACIÓN PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA..... | 32 |
| 4.3. OBJETIVOS | 33 |
| 4.3.1. Objetivo general | 33 |
| 4.3.2. Objetivos específicos | 33 |
| 4.4. JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN | 34 |

| | |
|--|----|
| 5. FUNDAMENTOS TEÓRICOS | 35 |
| 5.1. INTRODUCCIÓN | 35 |
| 5.2. DEFINICIÓN DE MANTENIMIENTO | 35 |
| 5.3. EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO | 36 |
| 5.3.1. Primera generación del mantenimiento | 36 |
| 5.3.2. Segunda generación del mantenimiento | 37 |
| 5.3.3. Tercera generación del mantenimiento | 37 |
| 5.4. CLASIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO | 40 |
| 5.4.1 Mantenimiento correctivo | 40 |
| 5.4.2. Mantenimiento preventivo | 41 |
| 5.4.3. Mantenimiento predictivo | 42 |
| 5.4.4. Mantenimiento proactivo | 44 |
| 5.5. ANÁLISIS DE CRITICIDAD | 44 |
| 5.6. MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM) | 46 |
| | |
| 6. DIAGNOSTICO DE EL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO | 49 |
| 6.1. PROCESO DEL MANTENIMIENTO DE LA PLANTA FERTILIZANTES | 51 |
| 6.2. CODIFICACIÓN DE MÁQUINAS Y REPUESTOS | 53 |
| | |
| 7. ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LA PLANTA FERTILIZANTES | 59 |
| | |
| 8. RCM PLANTA FERTILIZANTES | 62 |
| 8.1. CONTEXTO OPERACIONAL SISTEMA DE MOLIENDA, PLANTA FERTILIZANTES | 62 |
| 8.2. FUNCIÓN PRINCIPAL DE LAS MÁQUINAS | 63 |
| 8.2.1. Función del Molino N°1 | 63 |
| 8.2.2. Función del molino N°2 | 63 |
| 8.3. FALLAS FUNCIONALES DE LAS MÁQUINAS | 63 |
| 8.3.1. Fallas funcionales del Molino N°1 | 63 |
| 8.3.2. Fallas funcionales del Molino N°2 | 64 |
| 8.4. MODOS DE FALLA | 64 |

| | |
|---|----|
| 8.4.1. Modos de falla para el molino N°1 | 64 |
| 8.4.3 Modos de falla para el molino N°2 | 65 |
| 8.5 EFECTOS DE LA FALLA O DEL MODO DE FALLA | 66 |
| 8.5.1. Efectos de los modos de falla del molino N°1 | 66 |
| 8.5.2 Efectos de los modos de falla del molino N°2 | 69 |
| 8.6. CONSECUENCIAS DE LAS FALLAS..... | 71 |
| 8.6.1. Consecuencias de las fallas de molino N°1 | 71 |
| 8.6.2. Consecuencias de las fallas de molino N°1 | 73 |
| 8.7. ÁRBOL DE DECISIÓN | 75 |
| 8.8. PLANILLA DE MANTENIMIENTO | 78 |
| 8.8.1. Planilla de mantenimiento Molino N°1..... | 78 |
| 8.8.2. Planilla de mantenimiento Molino N°2..... | 78 |
| 9. CONCLUSIONES | 79 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 80 |
| ANEXOS | 81 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Ubicación de la empresa. | 17 |
| Figura 2. Historia de la empresa | 18 |
| Figura 3. Diagrama de flujo del acero | 21 |
| Figura 4. Descargue de escoria y pórtico C3..... | 22 |
| Figura 5. Molino desbastador o primario..... | 23 |
| Figura 6. Molino acabador o secundario..... | 24 |
| Figura 7. Diagrama de flujo planta fertilizantes | 25 |
| Figura 8. Presentación de Abono Paz del Rio en el mercado..... | 27 |
| Figura 9. Registro de venta Abono Paz del Río | 28 |
| Figura 10. Estrategia de gestión de activos | 29 |
| Figura 11. Expectativas de mantenimiento crecientes..... | 38 |
| Figura 12. Cambios en los puntos de vista sobre la falla de equipos | 39 |
| Figura 13. Cambios en las técnicas de mantenimiento..... | 40 |
| Figura 14. Modelo aviso de mantenimiento sistema SAP | 52 |
| Figura 15. Materiales cargados a la orden de mantenimiento en el sistema SAP .. | 53 |
| Figura 16. Taxonomía de la planta fertilizantes en el sistema SAP | 55 |
| Figura 17. Búsqueda de repuestos por descripción breve | 56 |
| Figura 18. Ubicación y stock de repuestos en sistema SAP | 57 |
| Figura 19. Descripción del repuesto en el sistema SAP | 58 |
| Figura 20. Árbol de decisión | 77 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Contenidos de nutrientes del Abono Paz del Río..... | 27 |
| Tabla 2. Criterios de clasificación criticidad de equipos..... | 45 |
| Tala 3. Máquinas con clasificación A de la planta fertilizantes | 59 |

LISTA DE ANEXOS

| | |
|---|----|
| Anexo A: Auditoria del mantenimiento de la planta fertilizantes | 82 |
| Anexo B: Resultado de la evaluación de criticidad de las máquinas de la planta fertilizantes..... | 85 |
| Anexo C: AMFE sistema de molienda planta fertilizantes..... | 86 |
| Anexo D: Hoja de decisión AMFE planta fertilizantes | 89 |
| Anexo E: Planilla de mantenimiento molino N°1 o desbastador. | 91 |
| Anexo F: Planilla de mantenimiento molino N°2 o acabador. | 92 |

RESUMEN

TITULO: IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA PLANTA DE FERTILIZANTES DE LA EMPRESA ACERÍAS PAZ DEL RIO VOTORANTIM SIDERURGIA.*

AUTOR: ANDRÉS MONTAÑA CHAPARRO**

PALABRAS CLAVES: Plan de mantenimiento, análisis de criticidad, mantenimiento centrado en la confiabilidad, análisis de modos de falla y efectos.

DESCRIPCIÓN:

En el desarrollo de este proyecto se muestra el procedimiento para la implementación de un plan de mantenimiento para las maquinas críticas que intervienen en el proceso de la obtención del abono fosfórico Paz del Rio. Mediante la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad, teniendo como objetivo principal aumentar la disponibilidad y confiabilidad general de la planta de fertilizantes de la empresa Acerías Paz del Rio Votorantim Siderurgia.

En la etapa final del desarrollo del proyecto se realizara la socialización del plan de mantenimiento, con el recurso humano que interviene en la operación y el mantenimiento de la planta y con las directivas de mantenimiento delegadas por la compañía, para que esté sea incluido en el sistema de información SAP e implementado en la programación mensual de paradas de planta.

En el escrito se relacionan aspectos relevantes de la empresa, así como de la planta específica, luego se realiza un análisis diagnóstico del manejo del mantenimiento en el proceso productivo del abono Paz del Rio, posterior a esto se enumeran las principales fallas, causas y efectos que presentan las máquinas críticas y afectan la disponibilidad y confiabilidad de la planta productora de abono fosfórico. Para finalmente establecer rutinas de mantenimiento que satisfagan las necesidades actuales de los equipos de la planta.

* Tesis de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico- Mecánicas, escuela de Ingeniería Mecánica, Director: Ing. Pedro José Díaz Guerrero

ABSTRACT

TITLE: IMPLEMENTATION OF A PLAN OF MAINTENANCE FOR THE FACTORY OF FERTILIZERS OF THE “ACERIAS PAZ DEL RIO VOTORANTIM IRON INDUSTRY”.

AUTHOR: ANDRÉS MONTAÑA CHAPARRO**

KEY WORDS: Maintenance plan, critical phase analysis, maintenance centered in reliability, analysis of ways of failures and effects.

DESCRIPTION:

In development of this Project, it is shown the procedure to implement a plan of maintenance for the critical machines that take part in the process to obtain the fosforic fertilizer “Paz del Rio”. With the methodology of the maintenance centered in reliability, in order to increase the availability and reliability of the Factory of fertilizers “Acerias Paz del Rio Votorantim iron industry”.

In the final stage of the project development, the socialization of this maintenance plan will be carried out, with the participation of the human resource who operates the Factory and the board of directors of maintenance for this plan to be included in the information system “SAP”.

In this text are mentioned important aspects of the Factory. Then, is presented a diagnostic analysis of the management of the productive process of the fertilizer “Paz del Rio”. Afterwards are mentioned the main failures, causes and effects that the critical machines present, to stablish finally, some maintenance routines that satisfy the needs of the equipments of the fertilizers Factory.

* Graduation thesis

** Department of physical – mechanic engineering, school of mechanic engineering. Director: Eng. Pedro José Díaz Guerrero.

INTRODUCCIÓN

La planta de fertilizantes hace parte integral de la reconocida empresa Acerías Paz Del Rio Votorantim Siderurgia. Esta planta fue concebida con el objetivo de transformar la escoria no metálica proveniente del proceso de la conversión del arrabio en acero a través de la inyección de cal pulverizada, en abono fosfórico mediante la reducción de grano con la ayuda de dos molinos de bolas. La materia prima es exclusiva de esta planta siderúrgica ya que es la única en su tipo a nivel nacional que produce el arrabio con minerales extraídos de las minas de su propiedad y procesados en su alto horno con capacidad de transformar minerales de estado sólido a estado líquido en un promedio de cien toneladas por hora.

La unidad productiva de fertilizantes aprovecha el contenido de fósforo que se forma en el proceso de la obtención de acero, el cual es de una excelente calidad debido a que la formación de este macro nutriente se da a temperaturas que oscilan entre los mil doscientos y mil cuatrocientos grados centígrados, lo que hace que este elemento no metálico, sea aprovechado y asimilado al máximo en el metabolismo de las plantas. Considerado como un fertilizante indispensable para la adecuación del suelo, por los productores de café, caña de azúcar, papa, entre otros productos insignia de nuestro país.

El proceso de pulverización de la escoria no metálica tiene un alto impacto sobre las máquinas dedicadas a esta labor, debido a su gran dureza y su alto grado de abrasión que provoca desgaste y fatiga de los materiales de construcción de los equipos, principalmente de los molinos quienes son los que se encargan de reducir el tamaño del grano de la materia prima. Cabe recordar que se está haciendo referencia a una planta que fue construida hacia la década de los cincuenta y que desde el momento de su entrada en funcionamiento, los trabajos de modernización han sido limitados.

Teniendo en cuenta que sus máquinas llevan en funcionamiento alrededor de sesenta años, presentan gran cantidad de falencias; lo que hace que sea necesario la implementación de un plan de mantenimiento acorde a las necesidades que presentan los elementos de las máquinas que componen la planta de fertilizantes. El interés principal de la empresa dueña de esta unidad funcional es aumentar la disponibilidad de planta, ya que el insumo que esta produce es de gran reconocimiento a nivel nacional y que su misión como empresa es mantener la alta calidad de los productos que llevan su nombre.

Por lo anterior se vio la necesidad de implementar un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad, el cual es común denominador dentro de la visión del departamento de mantenimiento de la empresa. Con la intervención de las directivas y del personal encargado de la operación, producción, mantenimiento y despacho del producto, teniendo como premisa la disminución de la indisponibilidad de la planta y un alto grado de calidad del abono fosfórico.

Se comenzó el proceso de implementación del plan de mantenimiento, realizando un diagnóstico al manejo del mismo en la planta de fertilizantes, con el objetivo de establecer los puntos débiles dentro del proceso en pro de darles solución. Evaluados algunos aspectos tales como, la satisfacción del personal encargado del mantenimiento, la ubicación y el buen uso del taller mecánico, el manejo de la información de las intervenciones realizadas a las máquinas, el control del stock de repuestos, entre otros; a través de una serie de preguntas, que resaltaron la necesidades más apremiantes.

Para llevar a feliz término la implementación del plan de mantenimiento; fue necesario realizar el análisis de criticidad para cada una de las máquinas que intervienen en el proceso de la producción de abono Paz del Rio, mediante la matriz de criticidad establecida por la empresa, en la que se consideran aspectos como la afectación a la seguridad y el medio ambiente, afectación de la calidad del producto, impacto sobre la producción y el costo de mantenimiento. Esto permitió determinar cuáles de ellas requieren una implementación a corto plazo.

Con la priorización de las máquinas y las directrices de la empresa se llevó a cabo el análisis de modos de falla y efecto para los molinos N°1 y N°2, contando con la participación de un equipo conformado por personal de operación, mantenimiento y de seguridad y medio ambiente, quienes establecieron los fallos más repetitivos de la máquinas involucradas en el proceso de implementación del plan de mantenimiento. Finalmente se emitió un listado de actividades y frecuencias de realización para mejorar la disponibilidad y calidad del producto de la planta de fertilizantes.

1. ACERÍAS PAZ DEL RIO VOTORANTIM SIDERURGIA

1.1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

Acerías Paz Del Rio Votorantim Siderurgia, en la actualidad es la única siderurgia del país que produce acero a partir de minerales tales como hierro, carbón y caliza. Los cuales son explotados por este mismo grupo empresarial en sus minas propias ubicadas en el municipio de Paz De Rio Boyacá, Nobsa Boyacá y Ubalá Cundinamarca. Es de resaltar que es la única empresa de su tipo que cuenta con un alto horno en el país, lo que da como resultado que su producto final contenga características que superen la calidad de productos similares en el mercado nacional. Esta empresa además de su alto horno cuenta con un horno eléctrico cuya base para obtener el acero es la comúnmente llamada chatarra.

Durante los procesos de transformación de los minerales en acero se generan una serie de subproductos, que también son provechados por el grupo empresarial y comercializados en la región y el extranjero, dentro de estos productos se encuentran el abono paz del rio, brea, naftalina, alquitrán, sulfato de amonio, carbón y coque metalúrgico.

1.2. LOCALIZACIÓN²

La planta de producción de Acerías Paz Del Rio Votorantim Siderurgia, se encuentra ubicada en la hacienda belencito del municipio de Nobsa en el departamento de Boyacá y cuenta con cerca de 1800 trabajadores. Sus oficinas administrativas se encuentran en la Calle 100 No. 13-21 Piso 6, con un personal de cerca de 80 trabajadores. La mina de hierro el Uvo se encuentran ubicada en el municipio de Paz De Rio Boyacá, la mina de caliza se encuentra en el Municipio de Nobsa contigua a la planta de producción y la mina de hierro El Santuario, ubicada en el municipio de Ubalá Cundinamarca.

²Disponible en internet <<http://www.pazdelrio.com.co/es-es/Institucional/Paginas/donde-estamos.aspx>>

Figura 1. Ubicación de la empresa.



Fuente:

<http://www.pazdelrio.com.co/es-es/Institucional/Paginas/donde-estamos.aspx>

1.3. RESEÑA HISTÓRICA³

Esta empresa nace en 1948 bajo el nombre de Empresa Siderúrgica Nacional de Paz de Río, por una incitativa del gobierno colombiano, en este mismo año, exactamente el 17 de septiembre se inicia la explotación de las minas de hierro y carbón del municipio de Paz De Río. A cargo de personal francés se comienza la construcción en la hacienda Belencito del municipio de Nobsa de la primera siderúrgica en Colombia que contaría con un alto horno y una planta de laminación.

La adecuación y puesta a punto de esta empresa tardaría seis años y a su vez cambiaría de razón social para conocerse como Acerías Paz Del Río S.A., en 1955 esta siderúrgica contaba con más de 400.000 accionistas gracias a que el gobierno nacional autorizó la venta de acciones a particulares.

Hacia la década de los sesentas se consolida como la única siderúrgica integrada del país y es la responsable de cerca del 30% de la producción de acero en Colombia. En año de 1981 se crea la planta de Cementos Paz Del Río, con el objetivo de utilizar la cal subproducto de la combustión del alto horno, esta planta fue vendida al sindicato antioqueño en el año de 1984.

³ ³Disponible en internet <<http://www.pazdelrio.com.co/es-es/Institucional/Paginas/default.aspx>>

En el año 2007 el grupo empresarial brasileño Votorantim en un proceso de internacionalización, adquirió el 52.1% de las acciones de Acerías Paz Del Rio, mediante una operación en la bolsa de valores de Colombia, esta siderúrgica entro a formar parte de la unidad Votorantim Metais. Al año siguiente esta multinacional decide aumentar su participación a 72.67% de la siderúrgica, para convertirla en siderúrgica conocida hoy en día como Acerías Paz Del Rio Votorantim Siderurgia.

Figura 2. Historia de la empresa



Fuente: Intranet Votorantim Siderurgia

1.4. MISIÓN⁴

La Misión de Paz del Río es explorar, explotar y transformar los minerales de hierro, caliza y carbón en productos de acero y los derivados del proceso siderúrgico para su comercialización y uso a nivel industrial, metalmecánico, construcción y agrícola.

⁴ Disponible en internet <<http://www.pazdelrio.com.co/es-es/Institucional/Paginas/misio.aspx>>

1.5. VISIÓN⁵

Paz del Río será una empresa estable y rentable, que genera valor a sus clientes, trabajadores, accionistas y a la comunidad, siendo competitiva con respecto al mercado abierto del acero a nivel nacional e internacional, como la única siderúrgica integrada de Colombia, produciendo nuevos y mejores productos. Será una Organización renovada tecnológicamente en los principales procesos productivos, que aplica una gestión integral enfocada en la prevención de riesgos en calidad, medio ambiente, salud y seguridad y en la mejora continua de su desempeño.

1.6. VALORES⁶

Solidez: Buscar el crecimiento sostenible con generación de valor.

Ética: Actuar de forma responsable y transparente.

Respeto: Respetar a todas las personas que nos rodean y estar en disposición de aprender.

Espíritu Emprendedor: Crecer con el ánimo de hacer, innovar e invertir.

Unión: El todo es siempre más fuerte.

⁵Disponible en internet <<http://www.pazdelrio.com.co/es-es/Institucional/Paginas/misio.aspx>>

⁶Disponible en internet <<http://www.pazdelrio.com.co/es-es/Institucional/Paginas/misio.aspx>>

2. LA EMPRESA Y SUS PROCESOS⁷

Acerías Paz Del Rio Votorantim, basa su proceso de producción en la fabricación de acero a partir de caliza, la cual es extraída de la mina El Volador ubicada en Belencito Boyacá, así como carbón y mineral de hierro explotados en el municipio de Paz De Rio Boyacá, en las minas La Chapa y El Uvo respectivamente, para luego ser trasladadas a la planta de producción por vía férrea. En el municipio de Ubalá Cundinamarca también se obtiene mineral de hierro en la mina El Santuario, el cual es trasladado a Belencito mediante volquetas.

Con las materias primas en el lugar de producción se procede a obtener el coque a partir del carbón en la planta de coquería, la cual cuenta con 57 hornos que producen 11.3 ton/horno. Durante el proceso de transformación de carbón a coque, se producen gases que son la materia prima para otros productos tales como breá, naftalina, alquitrán y sulfato de amonio. Luego de ser apagado y tamizado el coque es traslado según su granulometría al alto horno o a la planta de Sinterización.

En la planta de sinterización se mezclan cerca de 2.000 toneladas por día de finos de mineral hierro, finos de caliza, laminilla con agua y utilizando los finos de coque como fundente se forma una mezcla llamada sinter, que luego de su enfriamiento y cribado es trasladado al alto horno para hacer parte del combustible de esta máquina.

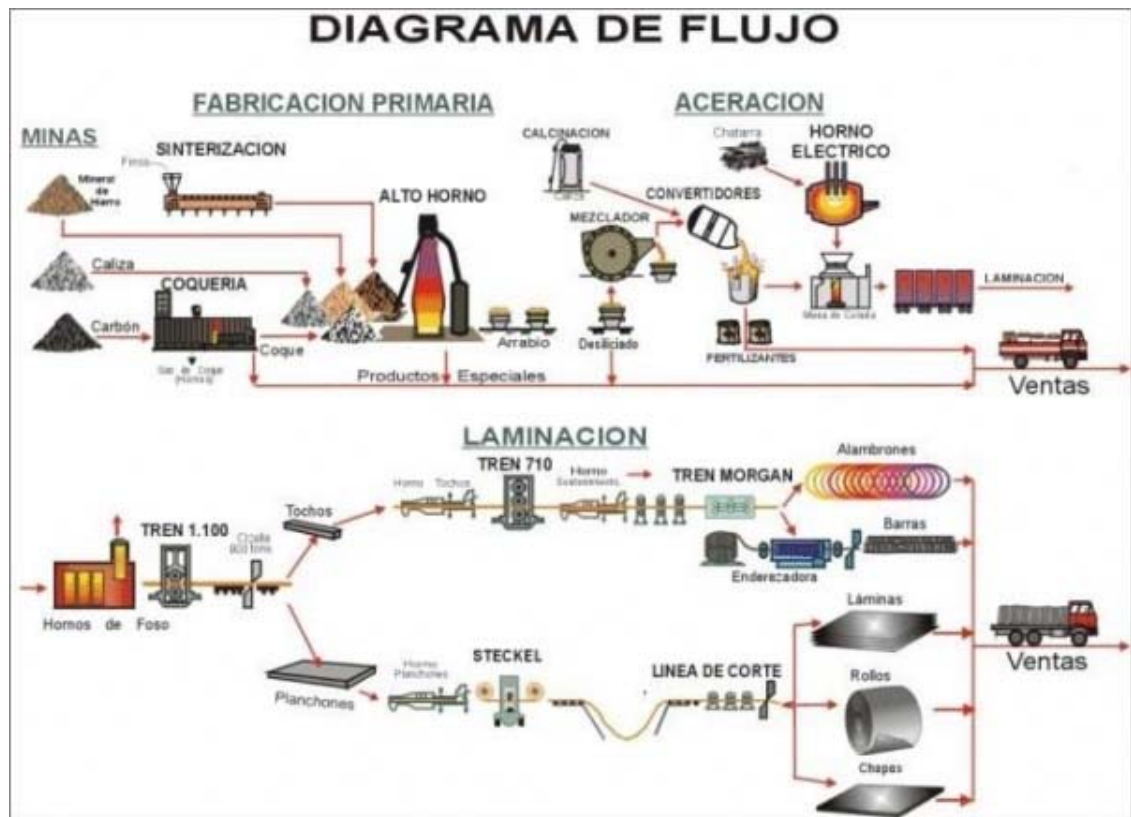
En el alto horno se cargan por la parte superior y mediante un sistema de transporte o skips la caliza, los gruesos de mineral de hierro y el coque, para su transformación de sólidos a líquidos, dando como resultado una mezcla líquida conocida como arrabio, rico en hierro. El alto horno se carga con 1.000 ton/día de mineral de hierro, 1200 ton/día de sinter y 640 ton/día de coque, para poder obtener 1.000 ton/día de arrabio y 800 ton/día de escoria rica en cal por lo cual es comercializada con empresas cementeras como materia prima para la producción de cemento. El arrabio es trasladado en recipientes llamados cucharas y por vía férrea hacia la planta acería.

⁷Disponible en internet <http://www.pazdelrio.com.co/es-es/actualidad/videos/Paginas/proceso_acero.aspx>

En la planta de acería el arrabio se somete a un proceso de desescoriado mecánico para ser cargado al mezclador y así poder entregar un arrabio más limpio a los convertidores, donde se cargan 2 ton de cal, 10 ton de chatarra y 33 ton de arrabio líquido, para comenzar con el proceso de soplo el cual consiste en inyectar cal pulverizada a través de unas toberas. Lo que provoca la oxidación de los materiales presentes en el arrabio como azufre, silicio, manganeso, fósforo, entre otros. Gracias a la cal se obtiene de este proceso una escoria rica en fósforo, la cual es transportada en cubas y por línea férrea hacia la planta de fertilizantes, para la fabricación de abono fosfórico.

La acería además cuenta con un horno eléctrico para la fabricación de acero a partir de chatarra generada en otros procesos o comprada a proveedores externos y tiene una capacidad de 450 ton/día, donde se obtienen planquillas que son la materia prima para el proceso de laminación.

Figura 3. Diagrama de flujo del acero



Fuente:

<http://lamineriaencolombia.blogspot.es/img/diagramaflujoaceriaspazdelrio.jpg>

La planta de laminación tiene como función transformar las palanquillas en barras corrugas sismo resistentes en el tren de laminación 450, el tren de laminación Morgan es el encargado de producir rollos de alambre lisos o corrugados y en las enderezadoras mediante fricción mecánica en frío se transforma el rollo en barras.

2.1. PLANTA DE FERTILIZANTES

El proceso de producción de la planta de fertilizantes comienza con la llegada de la escoria proveniente de los convertidores, para ser descargada, enfriada y posteriormente apilada en el patio del pórtico C3. Antes de que la escoria sea ingresada al proceso se realizan pruebas de laboratorio para asegurar que la materia prima contenga las proporciones de minerales correctas para la elaboración del abono Paz Del Rio.

Luego de que el resultado del laboratorio sea satisfactorio se proceder a cargar las tolvas de recibo con la ayuda de la cuchara del pórtico C3, donde dos alimentadores tipo orugas se encargan de dosificar la carga a la banda transportadora N°1, cuya función es la de ingresar la escoria al molino desbastador y que además cuenta con un separador magnético para extraer la parte metálica o chatarra que se encuentre presente en el material de molienda.

Figura 4. Descargue de escoria y pórtico C3



Fuente: Autor

El molino primario o desbastador tiene una capacidad de albergar 11 toneladas de cuerpos molidores esféricos con diámetros de 5" y 5.5" además de las 15 toneladas de escoria con una granulometría que oscila entre los 5 milímetros y 25 milímetros, este molino es de tipo trommel con recirculación de material a través de la banda N°2 que retorna el material hacia la banda N°1 para que sea molido nuevamente y cumpla con la granulometría máxima de 7 milímetros, que es descargado a la banda N°3 para que esta sea la encargada de ingresar la escoria a la siguiente etapa de molienda.

Al molino secundario o acabador ingresa la escoria con una granulometría máxima de 7 milímetros y es ayudada con aire a una presión de 3 bares. Este molino cuenta con dos cámara separadas por un diafragma, el primer compartimiento cuenta con 10 toneladas de molidores esféricos con un diámetro de 3.5", lo que provoca que la escoria baje su granulometría hasta los 4.5 milímetros aproximadamente para que pueda llegar al segundo compartimiento donde se encuentran 12 toneladas de cuerpos molidores de 3" de diámetro para tener como resultado un abono con granulometría menor a 2.5 milímetros.

Figura 5. Molino desbastador o primario



Fuente: Autor

El molino secundario descarga el abono al sótano del elevador de cangilones N°1, que lo transporta hasta un bypass en que se puede enviar el producto a almacenamiento o directamente a el área de empaclado. Si se toma la segunda opción es entregado al sinfín N°4, para ser llevado hasta la banda transportadora N°4, que se encarga de entregarle el abono al elevador de cangilones N°2 para este lo eleve hasta un tercer nivel donde es esperado por una criba que cuenta con una malla N°10, para darle la granulometría máxima al producto y almacenarlo en la tova de la empacadora con capacidad de 12 toneladas.

Con el material almacenado en la tolva se procede al embalaje del producto en sacos de 50 kilogramos en empaque de papel o polipropileno dependiendo de la preferencia del cliente, este proceso se da mediante una empacadora semi-automatizada, que mediante una celda de pesaje y un actuador neumático da paso al producto y automáticamente da la orden de cerrar el paso de abono al saco al cumplir la tara deseada. El producto final es cargado directamente a camiones para ser distribuido o se estiva y se almacena en la bodega de la planta.

Figura 6. Molino acabador o secundario



Fuente: Autor.

El cuarto filtro mantiene controlada la polución del silo de almacenamiento, del elevador de cangilones N°1, del elevador N°3 y del bypass. La descarga de material de limpieza la realiza mediante el sinfín N°3 que a su vez descarga al sinfín N°2, para que sea ingresado al sótano del elevador N°1. En el área de empaçado el filtro de mangas N°5 toma los polvos desprendidos del elevador N°2, la tolva de empaçado y los sinfines N°6 y N°7 de recirculación de material hacia el sótano del elevador de cangilones N°2. Este filtro descarga el material generado a la banda N°4 que lo ingresa al sótano del elevador N°2.

2.1.1. Abono Paz del Río⁸ Llamado también fosfato Thomas, es un fertilizante fosforado que se obtiene como subproducto en las fábricas de acero aprovechando el fósforo que se obtiene del mineral de hierro.

El abono Paz del Rio permite atender las necesidades de fósforo, calcio, magnesio, sílice y micronutrientes en las plantas, asegurando corrección de la acidez de los suelos y nutrición balanceada dando como resultado altas producciones y productividad.

El polvo del abono PAZ DEL RIO es acondicionador de suelo y aportar nutrientes esenciales para las plantas, permite mayor cobertura del suelo tratado y una efectiva liberación de sus nutrientes y corrección de acidez. No es tóxico a plantas o animales incluso en dosis mayores a las recomendadas. Fertilizante fosfórico con Calcio y micronutrientes, corrector de acidez y acondicionador de suelos.

1. Cumple de manera integral con la norma ICONTEC 41 y se fabrica bajo registro de venta ICA N° 066.
2. Presentación sacos de 50 Kilos tipo Kraft Valvulado.

⁸Disponible en internet <<http://www.pazdelrio.com.co/es-es/Productos/coproductos/Paginas/abono.aspx>>

Tabla 1. Contenidos de nutrientes del Abono Paz del Río

| TABLA DE CONTENIDOS DE NUTRIENTES DEL ABONO PAZDEL RIO | |
|--|-------|
| FÓSFORO ASIMILABLE (P ₂ O ₅) | 9 % |
| Calcio (CaO) | 40 % |
| Silicio (SiO ₂) | 6 % |
| Magnesio (MgO) | 1,5% |
| Manganeso (Mn) | 1,0 % |

Fuente:

<http://www.pazdelrio.com.co/es-es/Productos/coproductos/Paginas/abono.aspx>

2.1.2. Saco de 50 kilogramos tipo Kraft Valvulado

Figura 8. Presentación de Abono Paz del Río en el mercado.




Fuente:

<http://www.pazdelrio.com.co/es-es/Productos/coproductos/Paginas/abono.aspx>

2.1.3. Registro de venta Abono Paz del Río

Figura 9. Registro de venta Abono Paz del Río

 **REPUBLICA DE COLOMBIA**
MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL
INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO ICA
SUBGERENCIA DE PROTECCION VEGETAL
DIRECCION TECNICA DE INOCUIDAD E INSUMOS AGRICOLAS

DE ACUERDO CON LOS DECRETOS Y RESOLUCIONES VIGENTES SE CONCEDE EL
REGISTRO DE VENTA N° 66
DESDE 06/07/1991 CON VIGENCIA INDEFINIDA A:

ACERIAS PAZ DEL RIO SA
NIT No 860029995-1

PARA VENDER EN EL TERRITORIO NACIONAL EL PRODUCTO DENOMINADO:

ABONO PAZ DEL RIO 0-9-0-40 (CaO)

CON UNA COMPOSICIÓN GARANTIZADA DE:

| | |
|--|-------|
| FOSFORO ASIMILABLE (P ₂ O ₅)..... | 9,0% |
| CALCIO TOTAL (CaO)..... | 40,0% |
| MAGNESIO TOTAL (MgO)..... | 1,5% |
| MANGANESO TOTAL (Mn)..... | 1,0% |
| SILICIO TOTAL (SiO ₂)..... | 6,0% |

FUENTES: ESCÓRIAS THOMAS (PRODUCTO DERIVADO DE LA INDUSTRIA SIDERURGICA)

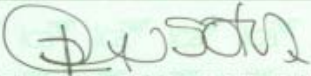
PRODUCTOR Y DISTRIBUIDOR:
ACERIAS PAZ DEL RIO SA,
PLANTA: BELENCITO-BOYACÁ,
OFICINA: CALLE 100 No.13-21 OFICINA 601, BOGOTA COLOMBIA PBX:57-1-6517300

USO ESPECIFICO:
FERTILIZANTE SIMPLE P PARA APLICACIÓN AL SUELO, SEGÚN RECOMENDACIONES DE UN INGENIERO AGRONOMO, CON BASE EN EL ANALISIS DE SUELOS O DEL TEJIDO FOLIAR.


TIPO DE FORMULACION:
POLVO SECO

EMPAQUES O ENVASES:
BOLSA DE PAPEL KRAFT TIPO VALVULA Y DE POLIPROPILENO POR 25 Y 50 KILOGRAMOS DE PESO NETO.

OBSERVACIONES:
ACTUALIZACIÓN NTC 40 (17-01-2005). AJUSTE DE COMPOSICIÓN Y ETIQUETA (24-08-05)
ADICIONO EMPAQUES (02-10-06) CORRECCIÓN CLASIFICACION Y CAMBIO DE DISEÑO DE EMPAQUES (12-11-2013)


CARLOS ALBERTO SOTO RAVE
Subgerencia de Protección Vegetal

Preparado: Ana Rocío Cuenca Gómez
Revisó: Antonio Duarte
Revisado: José Roberto Galindo Álvarez



FORMA 5000

Fuente: http://www.pazdelrio.com.co/es-as/Productos/coproductos/Documents/Registro_de_Venta_ABONO_PDR.pdf

3.3.OBJETIVOS DE GESTIÓN DE ACTIVOS

La División de Mantenimiento debe cumplir con los siguientes objetivos, que son derivados y consientes con la estrategia de gestión de activos:

- Tener cero accidentes y cumplimiento de las políticas y regulaciones medio ambientales.
- Posicionar los KPI de interrupción y Costo de Mantenimiento en el primer cuartil del Bench Mark siderúrgico para el 2015.
- Cumplir con la meta del SMI (Sistema de Mantenimiento Integrado) para el 2015.

3.4.MANDAMIENTOS DE LA GESTIÓN DE ACTIVOS

Para cumplir con la política de gestión de activos la División de Mantenimiento debe acatar los siguientes mandamientos:

- ✓ Obedecer las normas de seguridad y de medio ambiente.
- ✓ Cumplir inspección con Calidad (Inspección).
- ✓ Cumplir programa de mantenimiento preventivo y grandes reparaciones.
- ✓ Cumplir el presupuesto de mantenimiento asignado de forma costo-efectiva.
- ✓ Revisar Planes de Mantenimiento; (Planes).
- ✓ Buscar y bloquear las causas de las fallas; (RCA).
- ✓ Conocer los equipos y procesos; (información técnica).
- ✓ Capacitar Personal; (capacitaciones).
- ✓ Gestionar repuestos; (repuestos).
- ✓ Actualizar documentación; (documentación).
- ✓ Maximizar la utilización de la herramienta **SAP-PM**.

3.5.PLANES DE GESTIÓN DE ACTIVOS

Para lograr la estrategia de gestión de activos y cumplir con los objetivos se debe implementar los siguientes planes de gestión de activos:

- Plan SMI (Sistema de Mantenimiento Integrado).
- Plan Seguimiento de Costos.
- Plan Evaluación del Ciclo de Vida del Activo.

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

4.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

El manejo directo de la planta está a cargo de un tercero que suministra el personal necesario para desarrollar las actividades tanto de producción como de mantenimiento. Por parte de Acerías Paz Del Rio Votorantim, hace presencia en planta un administrador del contrato cuya función es la de suministrar los insumos necesarios para la producción del abono fosfórico y transmitir al planeador de mantenimiento los repuestos necesarios para la planta.

La planeación del mantenimiento es muy deficiente, debido a que el personal encargado de las actividades de mantenimiento desconocen muchas de las falencias que se tienen en la planta y esto se debe a que llevan poco tiempo de trabajo en la planta y no tienen acceso fácilmente a los registros de fallas o problemas que tengan las máquinas. Lo anterior tiene como consecuencia que el 90% de las actividades sean correctivas e improvisadas.

El contratista es el encargado de programar las actividades de mantenimiento y solicitar al administrador de la contratación los suministros necesarios para las actividades de mantenimiento. El administrador del contrato se encarga de enviar la información al planeador de mantenimiento el cual emite un aviso de mantenimiento en el sistema SAP para cada una de las máquinas que necesiten intervención, para luego ser convertido en una orden de mantenimiento y poder acceder a los repuestos solicitados mediante un documento impreso donde se enlistan los suministros y así poder retirarlos de los almacenes que se encuentran dentro de la planta.

Si alguno de los suministros no posee existencias en los almacenes de la empresa, se procede a generar una solicitud de pedido para que sea fabricado o suministrado por proveedores externos, lo que en ocasiones requiere de demasiado tiempo para poder acceder al repuesto solicitado y provoca la utilización de partes hechizas durante el tiempo de llegada del repuesto original.

Por tratarse de una planta que fue fundada en la década de los 50 solo se cuenta con un banco de planos del fabricante de la maquinaria instalada, pero se desconocen recomendaciones de mantenimiento. Además de que en algunas

ocasiones no se encuentra el plano de la máquina o parte afecta provocando que las intervenciones dependan de la pericia del ejecutante de la labor.

Gran cantidad de los repuestos utilizados en la planta, especialmente en el área de los molinos no son comerciales lo que se traduce a que se debe recurrir a la fabricación de estas partes, haciendo que el tiempo de construcción y llegada a los almacenes de la empresa pueda tardar varios meses, debido a que se deben realizar una serie de trámites internos para poder autorizar la compra de estas partes.

4.2. JUSTIFICACIÓN PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente se está aplicando un mantenimiento correctivo a los equipos de la planta de fertilizantes, lo que da solución temporal a la falla y contribuye a la degradación de las máquinas y a su vez se traduce en paradas no programadas afectando la producción y cumplimiento de metas internas de la empresa. Si se avanza en el tema de mantenimiento se lograría reducir los tiempos muertos y los trabajos improvisados a los que está sometido este proceso industrial y por ende aumentar la confiabilidad así como la vida útil de los dispositivos destinados para la elaboración del abono fosfórico.

Por tratarse de una planta que lleva en servicio desde la década de los años cincuenta y teniendo en cuenta que durante este tiempo de trabajo se ha visto sometida a reparaciones mayores y a sustituciones o intentos de automatización de algunos de sus componentes. Es necesario establecer un plan de mantenimiento que responda a las necesidades actuales de los equipos considerando las reparaciones o modificaciones que se le hayan realizado con el pasar del tiempo y que no se encuentren estipuladas dentro del paquete de planos realizado por el fabricante y entregado a los administradores de la planta.

En la actualidad se ha demostrado que es más rentable realizar mantenimientos programados debido a que se extiende la vida útil de las máquinas, se reduce drásticamente las paradas no programadas que retrasan las actividades de operación y se evita provocar daños mayores o intervenciones sin contar con los recursos tanto de mano de obra como de repuestos necesarios para la intervención del equipo.

La finalidad de este trabajo es establecer y retroalimentar el plan de mantenimiento mediante la herramienta administrativa SAP, con la que cuenta la empresa, de tal forma que se tenga certeza de la hoja de vida de los equipos que componen la planta y así obedecer a las políticas de gestión de activos establecidas en la empresa, cuyos propósitos son los de tener cero accidentes y cumplimientos de las políticas y regulaciones medio ambientales, reducir los costos de mantenimiento, cumplir con las metas internas del sistema de mantenimiento integrado (SMI) y maximizar la utilización de la herramienta SAP-PM, entre otros.

4.3. OBJETIVOS

4.3.1. Objetivo general. Como profesional orgulloso y comprometido con la universidad industrial de Santander, acatando la visión y utilizando los conocimientos adquiridos en pro del desarrollo productivo, ágil y veras de las empresas que trabajan por el progreso económico y laboral de mi país. Mi deseo es establecer y fortalecer la relación universidad empresa mediante la implementación de un plan de mantenimiento para la planta de fertilizantes de la empresa Acería Paz del Rio Votorantim Siderurgia.

4.3.2. Objetivos específicos

- ✓ Auditar el manejo y la gestión del mantenimiento actual de la planta de fertilizantes de la empresa Acerías Paz del Rio Votorantim Siderurgia.
- ✓ Realizar el análisis de criticidad de los equipos de la planta fertilizantes para determinar las máquinas o partes de estas para priorizar su mantenimiento en fin de aumentar la disponibilidad del proceso.
- ✓ Elaborar un análisis de modos de falla y efecto (AMFE) para los equipos que tengan mayor impacto en la operación y producción de la planta y definir la planilla de mantenimiento para estos equipos.
- ✓ Implementar el plan de mantenimiento, estableciendo frecuencias y patrones operacionales para los equipos y actividades más críticas de la planta fertilizantes.

4.4. JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN

Con la implementación del plan de mantenimiento en la planta de fertilizantes, se reducen las paradas no programadas e intervenciones con faltantes en los insumos necesarios para las actividades, se favorece el manejo de inventario e histórico de reparaciones realizadas a los equipos de la planta, se lleva un control óptimo del presupuesto de mantenimiento mediante la herramienta administrativa SAP, con su módulo específico SAP-PM, se aumenta la disponibilidad y confiabilidad de la maquinaria, se puede establecer de forma ágil si se hace necesario el remplazo de un equipo o parte específica del mismo y se reduce el impacto de la rotación de personal gracias a que se tienen unas actividades establecidas para los equipos más críticos del proceso.

Al contar con los patrones operacionales de las actividades críticas de mantenimiento de los equipos se brinda seguridad al personal que va a intervenir en las labores, se tiene un tiempo estimado para cada actividad lo que permite realizar una programación eficiente del personal y las actividades que se desarrollen el día que sea destinado para el mantenimiento de las máquinas. También contribuirá a que el personal nuevo que ingrese a la planta pueda tener una idea del cómo realizar la intervención que se le destine.

Además de lo anterior se está cumpliendo en gran medida con las políticas de gestión de activos que se encuentra en implementación en toda la empresa Acerías Paz del Río por parte de la multinacional Votorantim.

5. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Este apartado hace referencia a las definiciones y aspectos más relevantes que se deben tener en cuenta para explorar las diferentes alternativas y así lograr tomar las mejores decisiones, o la mejor metodología para cumplir con el propósito de implementar un plan de mantenimiento que se ajuste a las necesidades actuales del proceso y estado físico de la maquinaria de la planta de fertilizantes.

5.1. INTRODUCCIÓN

Durante las últimas décadas se ha demostrado que el mantenimiento es una de las disciplinas gerenciales que más ha sufrido cambios, debido a que día tras día se ve en aumento tanto en número como en variedad de los activos físicos de las empresas y a su complejidad en cuanto a diseño se refiere. Lo que provoca que se busquen nuevas alternativas de mantenimiento para satisfacer las necesidades de los procesos y de las necesidades de las máquinas involucradas.

En la actualidad la palabra mantenimiento no solo abarca la disponibilidad del activo sino que también se ha introducido dentro de este concepto la evaluación del como las fallas afectan la seguridad del personal que interviene en la operación, así como la afectación que esta tiene sobre el medio ambiente, repercusión dentro del proceso, la calidad del producto obtenido, tener un costo de producción dentro de unos parámetros definidos y tener una alta disponibilidad de planta.

Gracias a la automatización de las máquinas cada vez más se ve la necesidad de seguir buscando nuevas alternativas de mantenimiento y obligando al personal que interfiere en el mantenimiento a no solo pensar como ingenieros sino como gerentes también, para tener los mejores resultados entre la mantenibilidad de las máquinas y los aspectos financieros que puedan afectarse.

5.2. DEFINICIÓN DE MANTENIMIENTO

Se entiende por mantenimiento todo el conjunto de actividades que se le realicen a una máquina para mantener su desempeño dentro lo concebido en su diseño original o para recuperar su funcionalidad dentro de un proceso productivo. Dentro

de este concepto también se conciben las operaciones realizadas para aumentar la disponibilidad.

Al pasar del tiempo y gracias a la automatización de las máquinas se han planteado diferentes tipos de mantenimiento en fin de buscar el que mejor se ajuste a las necesidades del equipo o del proceso, dentro de estos avances podemos encontrar las siguientes técnicas de mantenimiento:

- ✓ Mantenimiento correctivo.
- ✓ Mantenimiento preventivo.
- ✓ Mantenimiento predictivo.
- ✓ Mantenimiento proactivo.

5.3. EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO¹⁰

La evolución del mantenimiento se puede centrar en tres generaciones comenzando con la primera guerra mundial hacia los años 30.

5.3.1. Primera generación del mantenimiento. Para estos días la idea de mantenimiento se resumía a realizar reparaciones cuando la máquina se iba a fallo, ya que por esos tiempos la industria no se encontraba demasiado mecanizada lo que provocaba que las paradas de las máquinas no eran de demasiada importancia, además de que para la época los equipos se sobre diseñaban y en consecuencia eran muy confiables y presentaban pocas fallas. El mantenimiento se basaba en una rutina de limpieza y lubricación.

¹⁰ MOUBRAY JOHN, introducción al mantenimiento centrado en confiabilidad. En Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. 2 ed. United Kingdom. Aladon Ltd. 2004, p 1-19.

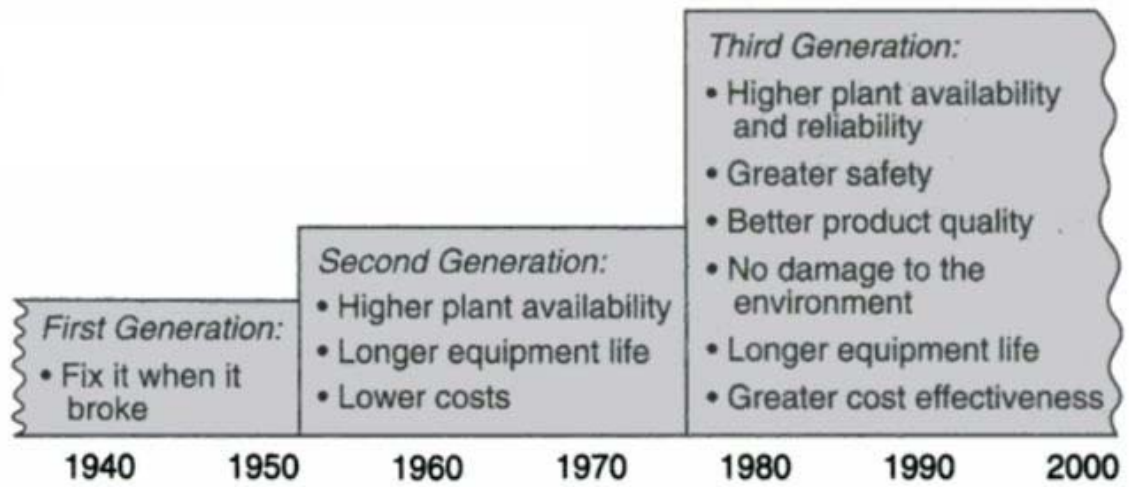
5.3.2. Segunda generación del mantenimiento. Hacia los años 50's la complejidad de las máquinas había aumentado drásticamente debido a que gracias a la segunda guerra mundial, la cantidad de personas disponibles para realizar los trabajos se limitó y obligo a que se mecanizaran los procesos. Esto hizo que el tiempo de parada de las máquinas comenzara a tomar importancia y a su vez se evolucionara en la forma de mantenerlas en servicio el mayor tiempo posible. Fue para comienzos de la década del 60 cuando se comenzó a hablar de mantenimiento preventivo, basado en paradas programadas para grandes reparaciones, los trajo consigo un aumento en el costo de mantener un equipo, y para poder tener este costo controlado incursionaron en sistemas de planeamiento y control del mantenimiento.

5.3.3. Tercera generación del mantenimiento. La tercera generación del mantenimiento se da a mediados de la década de los 60 y se subdivide en tres fases tales como nuevas expectativas, nuevas investigaciones y nuevas técnicas.

✓ **Nuevas Expectativas.** Como se puede apreciar en la figura 11, la expectativas se centran en la reducir el tiempo de parada debido a que esto provoca un impacto negativo en la producción y por ende aumentan los costos de operación y se perturba el servicio al cliente. Otro agravante de las paradas operacionales fue el "just in time", debido a que esta tendencia disminuye drásticamente el stock de repuesto cuya consecuencia puede llegar a la detención de un proceso por falta de un pequeño repuesto.

Otro aspecto a resaltar es la confiabilidad y la disponibilidad de las máquinas y los procesos, debido a que en aplicaciones de la salud, telecomunicaciones, procesamientos de datos, si se carece de esta cualidad las consecuencias podrían ser catastróficas. También se ha introducido en esta generación la seguridad tanto de las personas que rodean las máquinas, como la afectación que se pueda tener al medio ambiente por causa de las falas de los equipos, hasta tal punto de parar el proceso si se evidencia alguna amenaza en algunos de los aspectos nombrados.

Figura 11. Expectativas de mantenimiento crecientes



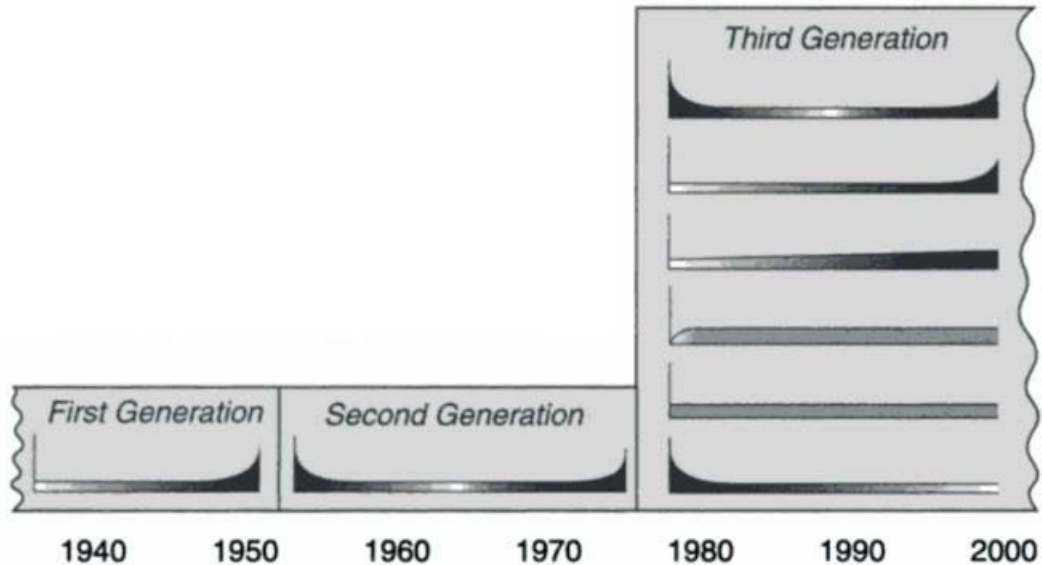
Fuente: MOUBRAY JOHN, Mantenimiento Centrado en Confiabilidad

A medida que aumenta la automatización nace la preocupación por la calidad del producto final, gracias a que a la menor falla las características del resultado del proceso se pueden ver afectadas, lo que obliga a que el mantenimiento se intensifique y esto aumente el costo de tener y operar las máquinas.

✓ **Nuevas Investigaciones.** Las investigaciones apuestan principalmente a que la ocurrencia de la falla no depende de la edad de la máquina como se esperaría, esta era la mentalidad de la primera generación del mantenimiento la cual mostraba como se muestra en la figura 12, que al pasar el tiempo la frecuencia y ocurrencia de la falla aumentaba con la edad de las partes del equipo.

En la segunda generación se contempló la curva en forma de bañera en la que se demostraba que la máquina tenía una alta probabilidad de falla al comienzo de su vida útil, esto se podría deber a errores de diseño o a el desgaste de las partes cuando entran en funcionamiento, luego de un tiempo de estabilización de los componentes, se mantiene durante un lapso de tiempo en una medida casi constante de fallas, para al final de su vida útil aumentar gracias a el envejecimiento y fatiga de los materiales.

Figura 12. Cambios en los puntos de vista sobre la falla de equipos



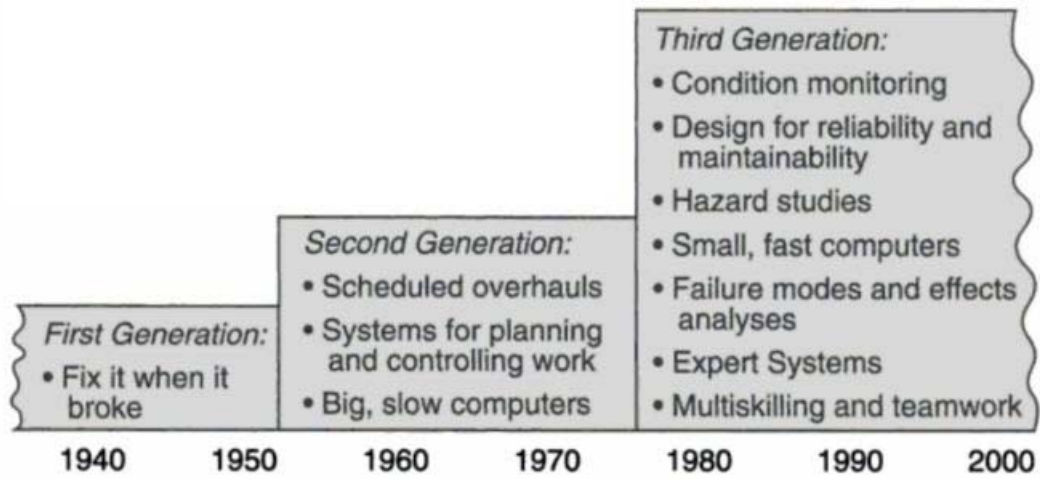
Fuente: MOUBRAY JOHN, Mantenimiento Centrado en Confiabilidad

En la tercera y última generación del mantenimiento se han planteado seis curvas que representan el comportamiento de las fallas de las máquinas, y esta cantidad aparece debido a que en muchos de los casos faltan gran cantidad de actividades en el plan de mantenimiento y muchas otras que no son necesarias están incluidas. También se atribuyen estas curvas a la alta modernización de los sistemas lo que provoca que en muchas ocasiones se hace correctamente el trabajo pero no se hace el trabajo correcto.

✓ **Nuevas técnicas.** Las nuevas técnicas de mantenimiento se han desarrollado en los últimos años y se demuestra un mejoramiento continuo de estas técnicas, dentro de esta categoría se incluye el monitoreo de las condiciones de riesgo de los equipos, así como el análisis de las fallas y efectos, se motiva el trabajo de equipos interdisciplinarios para la detección de las fallas.

Se cambia drásticamente la forma de pensar del personal involucrado en el mantenimiento, a que no solo dediquen su trabajo a comprender las nuevas técnicas de mantenimiento, sino que tengan un criterio de si vale la pena o no realizar las actividades y además de mantener un presupuesto acorde con la producción de la máquina.

Figura 13. Cambios en las técnicas de mantenimiento



Fuente: MOUBRAY JOHN, Mantenimiento Centrado en Confiabilidad

5.4. CLASIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO

El mantenimiento se puede clasificar en cuatro grandes ramas que han evolucionado desde sus comienzos con el mantenimiento correctivo, pasando por el mantenimiento preventivo, siguiendo con el mantenimiento predictivo, para evolucionar hasta su más reciente rama que se conoce como mantenimiento proactivo.

5.4.1 Mantenimiento correctivo¹¹. El concepto más básico de este tipo del mantenimiento correctivo, se concibe como la corrección de la falla luego de que esta se presenta y obliga a la detención del sistema o de la máquina. Este tipo de mantenimiento se subdivide en dos clases, el correctivo planeado y el no planeado, el primero se da cuando a pesar del fallo la máquina puede seguir en funcionamiento mientras se busca el recurso necesario para su reparación, en cambio el segundo se da cuando la falla detiene el funcionamiento del sistema.

¹¹ GARCÍA GARRIDO, Santiago. En Colección Mantenimiento Industrial, Volumen 4: Mantenimiento correctivo, Renovetec, 2009.

Algunas ventajas de este tipo de mantenimiento:

- ✓ No se programa ninguna activada de mantenimiento
- ✓ En equipos electrónicos es el más adecuado.
- ✓ Se gasta dinero cuando es necesario.
- ✓ No se genera un gasto fijo de mantenimiento.
- ✓ Ofrece buenos resultados a corto plazo.

Algunas desventajas del mantenimiento correctivo:

- ✓ Se requiere de personal altamente calificada.
- ✓ Se disminuye la vida útil de los equipos.
- ✓ Se incurre en gastos económicos importantes.
- ✓ No es posible establecer metas de producción.
- ✓ Supone un alto Stock de repuestos.
- ✓ Se pierden garantías de equipos por falta de rutinas de mantenimiento.
- ✓ Difícilmente se puede establecer las causas que provocan la falla.

5.4.2. Mantenimiento preventivo¹². Esta clasificación del mantenimiento se centra en rutinas de inspección para establecer las potenciales fallas que pueden provocar una pérdida de la función de la máquina o de la planta, su objetivo principal se basa en la detección y corrección de una falla en el momento oportuno sin que la producción o calidad del producto se va afectada y establecer el estado general de la máquina.

Algunas ventajas del mantenimiento preventivo:

- ✓ Incremento en la seguridad de los operadores de las máquinas.

¹² Disponible en internet <http://www.solomantenimiento.com/m_preventivo.htm>

- ✓ Es posible establecer unas metas de producción y calidad del producto.
- ✓ Reducción en el stock de repuestos.
- ✓ Se puede establecer un presupuesto de mantenimiento.
- ✓ Establecer índices de productividad y disponibilidad de planta.
- ✓ Reducción en el tiempo de paros imprevistos.
- ✓ Se eliminan equipos redundantes de la planta.

Algunas desventajas del mantenimiento preventivo:

- ✓ Es necesario contar con un departamento de mantenimiento.
- ✓ Es posible incurrir en cambio de piezas prematuramente.
- ✓ Trabajos rutinarios que produce falta de motivación del personal de mantenimiento.
- ✓ La documentación y recomendaciones del fabricante son de gran importancia.

5.4.3. Mantenimiento predictivo¹³. También conocido como mantenimiento basado en la condición consiste principalmente en que a través de una serie de mediciones de gran cantidad de variables se determine si es el momento de realizar una reparación sobre la máquina. Con esta técnica se optimiza el oficio de mantener un equipo debido a que se encuentra el tiempo oportuno para realizar un trabajo de reparación a la instalación o la máquina.

Para tener éxito en este tipo de mantenimiento se deben considerar algunas condiciones dentro de las que encontramos:

¹³ GARCÍA GARRIDO, Santiago. En Colección Mantenimiento Industrial, Volumen 3: Mantenimiento Predictivo, Renovetec, 2009.

- ✓ Las mediciones que se realicen sobre las máquinas se hagan en condiciones normales de trabajo y puedan ser expresadas en unidades físicas.
- ✓ Se establezca una rutina de medición de las variables y ofrezcan buena repetitividad.
- ✓ Exista una excelente comunicación entre el departamento de mantenimiento y las personas o sistemas encargados de llevar a cabo las mediciones de las variables.
- ✓ Alta capacidad de reacción tanto del departamento de mantenimiento como el de operación para actuar frente a un diagnóstico crítico.

Una de las técnicas mayormente usada para el mantenimiento predictivo es el análisis de vibraciones en máquinas rotativas, aunque existen otras técnicas que pueden establecer también una condición crítica. Dentro de estas encontramos el análisis de aceites, inspecciones infrarrojas, mediciones de ultrasonido, entre otras.

Ventajas del mantenimiento predictivo:

- ✓ En su correcta aplicación se puede llegar a establecer exactamente la vida útil del repuesto y no reemplazar a un tiempo erróneo.
- ✓ Confiabilidad y seguridad tanto del equipo como de los operarios.
- ✓ Mayor continuidad en la operación ya que se establecen paradas con anterioridad para realizar las reparaciones.

Desventajas del mantenimiento predictivo:

- ✓ Se deben adquirir equipos costosos para tener una buena confiabilidad en las mediciones realizadas.
- ✓ Contar con personal altamente calificado se hace necesario lo que puede llegar a incrementar los costos de mantenimiento.
- ✓ Si existe un daño se debe esperar hasta que realice la programación para intervenir la máquina.

- ✓ La implementación es costosa por las desventajas anteriores, además de que se deben realizar mediciones con frecuencias muy cortas lo que implica gran cantidad de pequeñas paradas.

5.4.4. Mantenimiento proactivo¹⁴. Este tipo de mantenimiento mantiene su enfoque en la detección de la causa de la falla más que en la corrección de la misma, es decir se preocupa en descubrir a que se debió la falla y corregirlo para que esta no vuelva suceder. Para tener éxito en la implementación de un plan de mantenimiento basado en esta técnica es necesario realizar un análisis a las máquinas más críticas del proceso, de modos de falla y efecto, mejor conocido como FEMECA por sus siglas en ingles.

5.5. ANÁLISIS DE CRITICIDAD

Es una de las metodologías usadas para establecer el impacto que una máquina tiene sobre u proceso industrial y las afectaciones que la perdida de la función del equipo pueda tener dentro de una serie de parámetros preestablecidos y así poder enfocar el plan de mantenimiento hacia esa o esas máquinas que presentan una amenaza en el desempeño y seguridad del proceso industrial al que se le está aplicando este análisis.


En la empresa Acerías Paz del Rio Votorantim Siderurgia cuentan con unos criterios para la evolución y jerarquización de las máquinas pertenecientes a esta. En los que se toman en cuenta parámetros como la afectación que la máquina tiene a la seguridad y el medio ambiente, como afecta la calidad del producto, afectación sobre la producción y el costo del mantenimiento que tiene el equipo sobre el presupuesto destinado para esta actividad.

Dentro de los anteriores parámetros se encuentran calificaciones de 1, 3 y 5 dependiendo de qué tan alto es el impacto dentro del parámetro. Luego se realiza una sumatoria de los aspectos analizados y se define si la máquina pertenece a la clase A, B o C. Donde A representa una máquina de alta criticidad para el proceso y por ende se debe prestar suficiente atención dentro del plan de mantenimiento.

¹⁴ Disponible en internet <<http://www.mantenimientomundial.com/sites/mmmnew/bib/notas/lubproact.asp>>

A continuación se muestra la tabla de criterios de clasificación de la criticidad de los equipos con la cual se evalúa la criticidad de las máquinas de la empresa Acerías Paz del Rio Votorantim Siderurgia.

Tabla 2. Criterios de clasificación criticidad de equipos

|  | | VSPDR | |
|---|--|-----------|------------------|
| | | Código: | DD-VSPDR-MAN-006 |
| DOCUMENTO DE DATOS | | Revisión: | En prueba |
| | | Área: | Mantenimiento |
| | | Páginas: | 1 de 1 |
| Título: CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN CRITICIDAD DE EQUIPOS | | | |

| | | |
|----------------------------------|---|---|
| AFECTA A SSMA SIGNIFICATIVAMENTE | 5 | Causa Fatalidad o Accidentes Serios que Provocan Incapacidad |
| | | Condición de Salud Irreversible |
| | | Daños a Largo Plazo y/o Esparcidos al Ambiente |
| | | Equipo Controlado por Legislación |
| | | Lesiones leves |
| | 3 | Impacto financiero sobre el negocio (sanciones). |
| | | Efectos nocivos para la salud de una o más personas |
| | | Perturbación ecológica de baja duración y/o impactos restringidos en el área ambiental |
| | 1 | Primeros auxilios |
| | | Efectos leves para la salud No afecta el medio ambiente |
| AFECTA CALIDAD DEL PRODUCTO | 5 | Afecta a la calidad del producto final (fuera de especificación para el cliente externo) |
| | 3 | Afecta al producto para cliente interno (no afecta cliente externo; es posible de recuperación) |
| | 1 | No afecta a la calidad o especificación del producto. |
| AFECTA LA PRODUCCIÓN | 5 | Afecta a la meta anual de producción de la planta (irrecuperable) |
| | 3 | Afecta a la producción de la planta (no afecta a la meta anual, recuperable) |
| | 1 | No afecta a la producción |
| COSTO DE MANTENIMIENTO ELEVADO | 5 | Genera un costo de mantenimiento igual o superior al 5% del presupuesto mensual de mantenimiento asignado |
| | 3 | Genera un costo de mantenimiento de entre un 2% y un 5% del presupuesto mensual de mantenimiento asignado |
| | 1 | No afecta significativamente el presupuesto de mantenimiento asignado (< 2%) |

| CRITERIOS PARA DEFINIR CRITICIDAD DE ACUERDO A LA SUMATORIA EN LOS ASPECTOS ANALIZADOS | |
|--|---|
| Clase A | Aquellos equipos cuya puntuación sea 5 en cualquiera de los siguientes criterios SSMA, Calidad, Producción y Costo de Mantenimiento |
| Clase B | Aquellos equipos cuya puntuación sea mayor o igual a 8 |
| Clase C | Aquellos equipos cuya puntuación sea menor de 8 |

| TABLA DE CALCULO PARA DETERMINAR LA CRITICIDAD | | | | | | | |
|--|--|--------------|---------|------------|-------|---------------|------------|
| EQUIPO | | CALIFICACIÓN | | | | CLASIFICACIÓN | |
| UBICACIÓN TECNICA | DESCRIPCIÓN | SSMA | CALIDAD | PRODUCCION | COSTO | CRITICIDAD | PUNTUACIÓN |
| 7011-AC-50-MOI01 | Molino Primario Y Bomba De Lubricacion | 1 | 1 | 5 | 5 | Clase A | 12 |
| 7011-AC-50-MOI02 | Molino Secundario | 1 | 1 | 5 | 3 | Clase A | 10 |

Fuente: Departamento de mantenimiento Acerías Paz del Rio Votorantim Siderurgia.

5.6. MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM)¹⁵

Es una de las muchas técnicas que existen para la elaboración de un plan de mantenimiento cuyos inicios se dieron en la aeronáutica donde no tuvo grandes resultados, luego fue implementado en el sector militar para finalmente comenzar a ser utilizado en el sector industrial.

Esta técnica fija su objetivo en disminuir los tiempos de parada en los procesos industriales, aumentar la confiabilidad y disponibilidad de las plantas y disminuir los costos de mantenimiento de las máquinas. Al construir un plan de mantenimiento bajo esta metodología se tienen resultados en comprender el funcionamiento de las máquinas, evaluar los fallos del sistema y desarrollar actividades para prevenir que estos vuelvan a suceder y garantizar alta disponibilidad de la planta mediante el desarrollo de acciones o trabajos a realizar sobre las máquinas.

En fin de conocer el comportamiento de la máquina y así establecer las acciones que deben tomar para evitar que se presenten fallas. El proceso del mantenimiento centrado en la confiabilidad propone unos interrogantes para la planta o máquina que se desea analizar.

- ✓ ¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al activo en su actual contexto operacional?
- ✓ ¿De qué manera falla en satisfacer dichas funciones?
- ✓ ¿Cuál es la causa de cada falla funcional?
- ✓ ¿Qué sucede cuando ocurre la falla?
- ✓ ¿En qué sentido es importante cada falla?
- ✓ ¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir cada falla?
- ✓ ¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada?

¹⁵MOUBRAY JOHN, introducción al mantenimiento centrado en confiabilidad. En Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. 2 ed. United Kingdom. Aladon Ltd. 2004, p 1-19.

En los siguientes párrafos se procurara darle respuesta a las anteriores preguntas.

El primer paso del RCM es definir las funciones primarias y secundarias si existen para la máquina o sistema que se esté analizando, la poder establecer las funciones es necesario establecer cuál es el trabajo que el usuario desea que realice la máquina, así como cuáles son los parámetros que se pueden considerar normales durante la ejecución del trabajo.

La función primaria se entiende como el por qué se adquirió la máquina, teniendo en cuenta parámetros como velocidad, producción, capacidad de carga o almacenaje, calidad deseada del producto final y servicio al cliente.

La o las funciones secundarias se pueden establecer como el que más quiere que el activo haga a parte de su función principal, dentro de estas funciones se puede tener en cuenta aspectos poco relevantes para el desempeño de la máquina pero importantes para el operario o la gerencia de la empresa. Aspectos como el confort, seguridad, paraciencias de la máquina, economía, eficiencia operacional, entre otras.

Cuando la máquina no cumple con sus funciones principales se puede decir que esta entro en falla, en el RCM antes de corregir la falla se debe establecer cuáles fueron las circunstancias que lograron que la máquina dejara de cumplir las funciones y luego se procura encontrar las causas de que el activo haya perdido la capacidad de realizar el trabajo.

Dentro del ámbito del RCM se conoce como falla funcional, aquel fallo en el que la máquina a pesar de que este funcionamiento infringe una o muchas de sus funciones principales, o que el usuario considera que esta fuera de los parámetros aceptables puede ser de calidad, producción, confort, economía, etc.

El siguiente paso para tener éxito en la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad es establecer los modos de falla, estos hacen referencia a fallas que han ocurrido en la máquina o máquinas similares con el mismo régimen de trabajo, fallos que ocurren actualmente y lo más importante establecer que fallas podrían tener una alta posibilidad de ocurrirle al activo. Dentro del listado de modos de falla

no solo se deben incluir las que ocurren por el deterioro normal del activo sino también aquellas que ocurrieron o pueden ocurrir por errores humanos, errores de diseño, por causas ambientales, etc.

A continuación se establecen los efectos de la falla, esto quiere decir que se debe establecer el cómo afecta el modo de falla a la producción, seguridad y medio ambiente, como se puede evidenciar la falla y si es evidente para el operador y las acciones que se deben realizar para corregir el fallo. En última instancia y para concluir el RCM, es dar a conocer cuáles son las consecuencias que la falla tiene sobre la máquina o la planta industrial, dentro de estas consecuencias es necesario tener presente el o los impactos que se tiene sobre diferentes aspectos de la empresa. Dentro de estos aspectos podemos nombrar algunos como lo son, el impacto a la producción, a la calidad del producto, afectación del medio ambiente, seguridad de los operarios, entre otras.

Luego de dar respuesta a los interrogantes planteados por el RCM, se debe evaluar cada uno de los modos de falla y las consecuencias que esta tiene, en un árbol de decisión el cual nos dará como resultado las posibles soluciones a las fallas. Como se podría pensar en primera instancia lo más adecuado será realizar trabajos para corregir la falla, a lo que el árbol de decisión nos da una mejor perspectiva de lo que es más favorable para la máquina, puede ser que el modo de falla exija un rediseño del activo, que realizar mantenimiento para prevenir cierta falla sea un desperdicio de presupuesto y la mejor opción sea esperar que la máquina pierda su función para intervenirla, o establecer si la máquina ya ha cumplido su vida útil y sea necesario reemplazarla, o efectivamente se debe establecer una serie de tareas rutinarias para evitar que se presente la falla.

6. DIAGNOSTICO DE EL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO¹⁶

Para determinar el estado en el que se encuentra el mantenimiento de la planta fertilizantes de la empresa Acerías Paz del Rio Votorantim Siderurgia se puso a disposición un cuestionario resuelto por el personal encargado de realizar el proceso de mantenimiento actualmente en la planta. Se le recomendó a estas personas contestar con la mayor sinceridad posible, explicándoles que las preguntas no pretenden juzgar a nadie, simplemente se espera poder atacar los aspectos más débiles que se revelen luego del análisis de la puntuación de las preguntas.

En el cuestionario las primeras 28 preguntas establecen que tan importante es el personal dentro del departamento de mantenimiento, y al ver los resultados se puede concluir que existe personal que se considera imprescindible, lo que provoca un impacto negativo en mantenimiento, debido a que si en determinado momento esta persona no puede asistir al trabajo y por la poca versatilidad del resto del equipo puede provocarse una demora en los trabajos y una gran afectación en la producción de la planta.

Las siguientes 14 preguntas hacen referencia al taller y herramientas usadas para el propósito de mantenimiento, en este apartado se denota que se hace necesario una pronta adecuación de las instalaciones del taller y la adquisición de algunas herramientas faltantes para el correcto desarrollo de la ejecución del mantenimiento.

Con las siguientes 7 preguntas se evidencia si se está o no aplicando un plan de mantenimiento en la planta. Se puede observar por las puntuaciones adjudicadas a estos ítems que el plan de mantenimiento de la planta es prácticamente nulo, que se enfoca más hacia el mantenimiento correctivo que al preventivo el cual es el que la empresa desea aplicar en la planta.

Para conocer el estado de la organización del mantenimiento correctivo se plantea en las siguientes 10 preguntas. En esta sección se reafirma que los trabajos de mantenimiento se enfocan hacia la parte correctiva y que esto no permite atender

¹⁶ GARCÍA GARRIDO, Santiago. En Colección Mantenimiento Industrial, Auditorias de Mantenimiento, Renovetec, 2009.

fallas que aunque permiten el desarrollo normal de la producción podrían estar afectando la calidad del producto.

Las 7 preguntas que siguen se plantean para establecer como es el manejo de los procedimientos del mantenimiento. Se concluye que los trabajos se realizan pero no existe una retroalimentación para mejorar y procurar evitar las fallas, nuevamente se reafirma que el personal de mantenimiento se enfoca en corregir las fallas y no en tratar de evitarlas.

Las 12 preguntas siguientes revelan como es el manejo de la información de los trabajos de mantenimiento. Aunque se cuenta con un excelente sistema informático para el manejo del mantenimiento, poco se retroalimenta, además que los ejecutantes del proceso de mantenimiento no tienen acceso a este sistema, lo que trae como consecuencia el desconocimiento de si un trabajo se está haciendo demasiado repetitivo como para buscar un rediseño del equipo que presenta la falla.

Con los siguientes 12 interrogantes se demuestra el manejo que se le da al stock de repuestos y el lugar donde se almacenan. Respecto al tema de almacenes la planta se encuentra bien enfocada ya que por políticas de la empresa, todos los repuestos de las plantas de la empresa se encuentran almacenados en un único almacén y a través del sistema SAP se hace un seguimiento desde su adquisición, así como su almacenamiento y posterior entrega al momento de ser requerido en cada planta.

Existen falencias en cuanto al stock de repuestos gracias que la alta rotación del personal de ejecución y planeamiento del mantenimiento, se desconocen cuáles son los repuestos críticos de la planta lo que da como resultado el desabastecimiento de dichos repuestos.

Con las preguntas restantes se evalúa que resultados se obtienen con el proceso de mantenimiento que se le da a la planta. En resumen es necesario implementar un plan de mantenimiento para los equipos más críticos de la planta y evaluar las fallas repetitivas en busca del mejoramiento y la reducción de las horas hombre invertidas en estas actividades, para poder dedicar mayor tiempo a otras fallas y mejoras de los demás equipos del proceso.

Para observar el cuestionario que se resolvió con los encargados de la planeación y ejecución del mantenimiento de la planta de fertilizantes y sus respectivas puntuaciones a cada uno de los interrogantes, ver anexo A.

6.1. PROCESO DEL MANTENIMIENTO DE LA PLANTA FERTILIZANTES

La planta de fertilizantes de la empresa Acerías Paz del Rio Votorantim Siderurgia, es operada por un tercero, esto quiere decir que el un contratista externo a la empresa es el encargado de la operación y mantenimiento de esta parte de la industria a través del suministro de personal capacitado para estas labores. Como consecuencia de esta determinación de las directivas de la compañía, se da una rotación de personal frecuente, lo que provoca el desconocimiento de las fallas y repuestos críticos de la planta.

El mantenimiento de la planta se da de la siguiente manera. Dentro de la contratación se estipula que el contratista es el encargado de hacer una lista de necesidades o trabajos a realizar en las máquinas de la planta, con los repuestos necesarios para el desarrollo de las actividades y con una semana de anticipación. Este listado de trabajos es remitido al interventor del contrato el cual es el encargado de gestionar los insumos necesarios para realizar las labores.

El interventor del contrato en primera medida realiza un aviso de mantenimiento en el sistema SAP, en cual se registra información básica del trabajo a realizar, la codificación del equipo a intervenir, responsables de la actividad, fechas en que se desea realizar la actividad y un síntoma de avería que describa la falla que presenta el equipo o la parte a mantener. Al momento de guardar este documento en el sistema informático este le asigna un número para su posterior identificación.

Figura 14. Modelo aviso de mantenimiento sistema SAP

Visualizar aviso-MT: Solicitud de Trabajo

Aviso: 14612967 M1 Reparar zarandas molino #1

Status mensaje: METR ORAS

Orden: 140632642

Objeto de referencia

| | | |
|-------------|------------------|--|
| Ubic.téc.n. | 7011-AC-50-MOI01 | Molino Primario Y Bomba De Lubricacion |
| Equipo | 70060581 | Estructura |
| Conjunto | | |

Circunstancias

Descripción: Reparar zarandas molino #1

Circunst.txt.explic.
26.08.2015 15:45:48 JUAN CARLOS MEDINA LOPEZ (GUANCLM)
Cortar 10 laminas de 25mm * 30mm * 4,7 mm, perforar el area con huecos de 10 mm, dejando espacio entre hueco de 10 mm, soldar laminas a las zarandas

Responsabilidades

| | | |
|-----------------|---------------|-------------------------------------|
| Grupo planif. | PSN / 7801 | Planf Sinterizac. |
| Pto.tbjo.resp. | FMECAN / 7801 | Mecánico Fabricación Primaria |
| Dpto.responsabl | | |
| Responsable | | |
| Autor del aviso | JUAN MEDINA | Fecha de aviso: 26.08.2015 15:36:56 |

Fechas extremas

| | | | | |
|----------------|------------|----------|--------------------------|------------|
| Inicio deseado | 27.08.2015 | 07:30:00 | Prioridad | Emergencia |
| Fin deseado | 27.08.2015 | 17:00:00 | <input type="checkbox"/> | Parada |

Posición

| | | |
|---------------|-----------|--------------------|
| Parte objeto | | |
| Sínt.avería | PMSINTIME | BBP Rotura, fisura |
| Texto | | |
| Causas avería | | |
| Texto causa | | |

Entrada: 1 De 1

Fuente: SAP Acerías Paz del Rio y Autor

Posteriormente este aviso es atendido por el planeador encargado de la planta de fertilizantes, el cual es el responsable de darle un tratamiento para que se convierta en una orden de mantenimiento en el sistema SAP y también se asigna un numero para su posterior consulta, en la cual se le agregan los repuestos o insumos necesarios para el desarrollo de la actividad planteada en el aviso de mantenimiento. Este procedimiento se lleva a cabo con el fin de asegurar que los insumos sean reservados en el almacén y que existan existencias de los mismos, cada repuesto o insumo se identifica a través de un código de siete dígitos. Luego de esto se imprime un documento que autoriza la entrega de los repuestos por parte del almacén a los encargados de ejecutar la actividad.

La orden de mantenimiento también sirve para saber a qué planta cobrarle los repuestos solicitados, porque a pesar de ser una sola empresa, las directivas le dan un manejo a cada planta como si se tratara de muchas pequeñas empresas trabajando en un parque industrial y que realizan compras en almacenes de repuestos.

Figura 15. Materiales cargados a la orden de mantenimiento en el sistema SAP

| Posición | Componente | Denomin. | TE | Ctd.neces. | UM | T. | S. | Alm. | Ce. | Op. | Lote | Tpo.aprovision. | Destinatario | Puesto descarga |
|----------|------------|--|----|------------|-------|----|----|------|------|------|------|--------------------|--------------|-----------------|
| 0010 | 1930021 | MALLA TEJIDA PARA ZARANDA PL. E10-43/59 | | | 9 | UN | L | 1711 | 7801 | 0010 | | Reserva para orden | Fertilizante | Molino #1 |
| 0020 | 1919861 | ARAND 10MM ACERO | | | 500 | UN | L | 1711 | 7801 | 0010 | | Reserva para orden | Fertilizante | Molino #1 |
| 0030 | 1882585 | TUERC HEXAGONAL 10X1,5MM ACE D3N CLASE6 | | | 300 | UN | L | 1711 | 7801 | 0010 | | Reserva para orden | Fertilizante | Molino #1 |
| 0040 | 1882342 | TORNIL CAB HEX RC 10-1,5X25MM ACERO G-5 | | | 300 | UN | L | 1711 | 7801 | 0010 | | Reserva para orden | Fertilizante | Molino #1 |
| 0050 | 1882843 | TORNIL CAB HEX RC 7/16-20X1PUL ACE G-5 | | | 78 | UN | L | 1711 | 7801 | 0010 | | Reserva para orden | | |
| 0060 | 1883192 | TUERC HEX 7/16PUL-20 ACERO CALIDAD SAE 2 | | | 80 | UN | L | 1711 | 7801 | 0010 | | Reserva para orden | | |
| 0070 | 1930021 | MALLA TEJIDA PARA ZARANDA PL. E10-43/59 | | | 2 | UN | L | 1711 | 7801 | 0010 | | Reserva para orden | | |
| 0080 | 1891900 | ELECTRODO P/SOLDAR.BAJO H.1/8 AWS E7018 | | | 5,000 | KG | L | 1701 | 7801 | 0010 | | Reserva para orden | | |
| 0090 | 1891901 | ELECTRODO S/32 PULG AWS E7018 | | | 5,000 | KG | L | 1701 | 7801 | 0010 | | Reserva para orden | | |
| 0100 | 1882633 | ARAND PLANA CIRCULAR 1/2PUL ACE SAE J488 | | | 120 | UN | L | 1711 | 7801 | 0010 | | Reserva para orden | | |
| 0110 | 1882846 | TORNIL CAB HEX RP 7/16-20X1 1/2PUL ACERO | | | 100 | UN | L | 1711 | 7801 | 0010 | | Reserva para orden | | |

Fuente: SAP Acerías Paz del Rio y Autor

6.2. CODIFICACIÓN DE MÁQUINAS Y REPUESTOS

En la empresa Acerías Paz del Rio Votorantim Siderurgia, las máquinas y repuestos se encuentran codificados en el sistema SAP, a través de ubicaciones técnicas en las que se le brinda al usuario una ubicación exacta de la parte mantenible de cada máquina, a través de un código alfa numérico.

Si por ejemplo habláramos del sistema de refrigeración del molino primario de la planta fertilizantes tendríamos el siguiente código:

7011 – AC – 50 – MOI01 – APDRAC025

El número **7011**, indica que la máquina está ubicada en la planta Belencito.

Las letras **AC**, hacen referencia a la dependencia que pertenece, en este caso indica que pertenece a la acería.

El número **50**, indica que se trata de la planta fertilizantes.

El código alfa numérico **MOI01**, nos dice que estamos hablando del molino primario y bomba de lubricación.

Finalmente el **APDRAC025**, nos indica en este caso que se está haciendo referencia al sistema de refrigeración del molino primario y es un código consecutivo que se le asigna a cada componente de las máquinas.

Gracias a esta codificación es posible consultar las reparaciones y repuestos que se le han asignado a este equipo, lo que facilita la determinación de los repuestos críticos de cada máquina y también permite saber cuánto dinero consume este equipo en un histórico de una mes o un año, lo que es una gran herramienta para poder determinar si el equipo ya cumplió su vida útil y es necesario pensar en la adquisición de uno nuevo o realizar un rediseño de la parte que presenta mayor cantidad de fallas.

Figura 16. Taxonomía de la planta fertilizantes en el sistema SAP

Repr.estructura ubicación técnica: Lista de estructura

Ubic.téc. 7011-AC-50 Válido de 26.10.2015

| Denominación | Fertilizantes | Fertilizantes |
|------------------|---------------|---|
| 7011-AC-50 | | Fertilizantes |
| 7011-AC-50-ACE01 | | Sistema Alumbrado Y Tomas 440/230 V. |
| 7011-AC-50-BAS01 | | Sistema de Pesaje |
| 7011-AC-50-CPS01 | | Compresor Atlas copco CA-30 |
| 7011-AC-50-CTR01 | | Transportador De Banda # 1 |
| APDRAC1061 | 70060606 | Motor 5Cv 1720Rpm 254/440V 12/7Amp Ja |
| APDRAC1062 | 70060607 | Reductor Cidma C3 |
| APDRAC1063 | 70060608 | Banda Transportadora 33.2 Mt. |
| APDRAC1064 | 70060609 | Estructura |
| 7011-AC-50-CTR02 | | Transportador De Banda # 2 |
| 7011-AC-50-CTR03 | | Transportador De Banda # 3 |
| 7011-AC-50-CTR04 | | Transportador De Banda # 4 |
| 7011-AC-50-DPU01 | | Recuperador de polvo 01 molino 1 |
| 7011-AC-50-DPU02 | | Recuperador de polvo 02 molino 2 |
| 7011-AC-50-DPU03 | | Recuperador de polvo 03 tolva de almace |
| 7011-AC-50-DPU04 | | Recuperador de polvo 04 Emp molino 2 |
| 7011-AC-50-DTM01 | | Separador Magnetico # 1 |
| 7011-AC-50-ELV01 | | Elevador # 1 |
| 7011-AC-50-ELV02 | | Elevador # 2 |
| 7011-AC-50-ELV03 | | Elevador # 3 |
| 7011-AC-50-MOI01 | | Molino Primario Y Bomba De Lubricacion |
| APDRAC1021 | 70060575 | Motor Molino 200Cv 440V Fives Lille |
| APDRAC1022 | 70060576 | Motor 220/440V 3,6/1,8A 1750Rpm Delco |
| APDRAC1023 | 70060577 | Reductor |
| APDRAC1024 | 70060578 | Sistema Electrico |
| APDRAC1025 | 70060579 | Sistema Refrigeracion |
| APDRAC1026 | 70060580 | Sistema Lubricacion |
| APDRAC1027 | 70060581 | Estructura |
| 7011-AC-50-MOI02 | | Molino Secundario |
| APDRAC1029 | 70060582 | Motor 300Cv Tip A12/10A 700 Rpm 440V |
| APDRAC1030 | 70060583 | Reductor |
| APDRAC1031 | 70060584 | Sistema Electrico |
| APDRAC1032 | 70060585 | Sistema Refrigeracion |
| APDRAC1033 | 70060586 | Sistema Lubricacion |
| APDRAC1034 | 70060587 | Estructura |
| 7011-AC-50-ORU01 | | Distribuidor De Escoria # 1 (Oruga) |
| 7011-AC-50-ORU02 | | Distribuidor De Escoria # 2 (Oruga) |
| 7011-AC-50-PAE01 | | Caja Alsthom |
| 7011-AC-50-PEN01 | | Tamiz Vibratorio |
| 7011-AC-50-PTA01 | | Sistema Rejillas Tolvas De Descargue |
| 7011-AC-50-QDC03 | | Armario Fuerza Y Control Acometida # 3 |

Fuente: SAP Acerías Paz del Rio y Autor

El sistema informático SAP, permite la búsqueda de insumos o repuestos por medio de una breve descripción del material o a través de un código de siete dígitos y brinda información de en qué almacén se encuentran dichos repuestos y la cantidad de unidades existentes en el stock de los almacenes así como una descripción del repuesto, en algunas ocasiones se relacionan planos para estar seguros de que se está haciendo referencia al repuesto correcto.

Figura 17. Búsqueda de repuestos por descripción breve

| Texto breve de material | Idio... | Org... | C... | Material |
|--|---------|--------|------|----------|
| ADAPTADOR ATORNILLADOR A ENCASTRE 1/2" | ES | 7951 | 71 | 1038558 |
| ADAPTADOR ATORNILLADOR A ENCASTRE 1/2" | ES | 7962 | 71 | 1038558 |
| ARAND PLANA CIRCULAR TORNI 1 1/2PUL ACE | ES | 7104 | 71 | 1882644 |
| ARAND PLANA CIRCULAR TORNI 1 1/2PUL ACE | ES | 7105 | 71 | 1882644 |
| ARAND PRESION HELICO TORNI 1 1/2PUL ACE | ES | 7104 | 71 | 1882666 |
| ARAND PRESION HELICO TORNI 1 1/2PUL ACE | ES | 7105 | 71 | 1882666 |
| DESTORNILLADOR PLANO DE 1/4" X 1 1/2" | ES | 7951 | 71 | 1016292 |
| DESTORNILLADOR PLANO DE 1/4" X 1 1/2" | ES | 7953 | 71 | 1016292 |
| DESTORNILLADOR PLANO DE 1/4" X 1 1/2" | ES | 7962 | 71 | 1016292 |
| DESTORNILLADOR PLANO DE 1/4" X 1 1/2" | ES | 7965 | 71 | 1016292 |
| DESTORNILLADOR PLANOS DE 3/16" A 1/2" | ES | 7951 | 71 | 1018472 |
| DESTORNILLADOR PLANOS DE 3/16" A 1/2" | ES | 7953 | 71 | 1018472 |
| DESTORNILLADOR PLANOS DE 3/16" A 1/2" | ES | 7962 | 71 | 1018472 |
| DESTORNILLADOR PLANOS DE 3/16" A 1/2" | ES | 7965 | 71 | 1018472 |
| MANGUI TORNI ACOPL TP MCP-2 ET-37-17 1/2 | ES | 7104 | 71 | 1893736 |
| PN.1D-4629 TORNILLO ACERO 7/8X3.1/2" CAT | ES | 7105 | 71 | 1929352 |
| PN.1D-4638 TORNILLO ACERO 1X3.1/2" CAT | ES | 7105 | 71 | 1929353 |
| POLIN RETORNO METAL 4 1/2"X850 MM C/ADAP | ES | 7951 | 71 | 974183 |
| POLIN RETORNO METAL 4 1/2"X850 MM C/ADAP | ES | 7953 | 71 | 974183 |
| POLIN RETORNO METAL 4 1/2"X850 MM C/ADAP | ES | 7962 | 71 | 974183 |
| POLIN RETORNO METAL 4 1/2"X850 MM C/ADAP | ES | 7965 | 71 | 974183 |
| TORNI 1/2-13X2,5PUL PN 50X250HSSB BURND | ES | 7104 | 71 | 1883176 |
| TORNI 1/2-13X2,5PUL INOX PL 167664 RF C | ES | 7104 | 71 | 1868125 |
| TORNI 3/4-10X6 1/2PUL | ES | 7104 | 71 | 1911371 |
| TORNI ALLEN CAB AVELL 3/8X16X1 1/2 PUL | ES | 7104 | 71 | 1867950 |
| TORNI ALLEN CAB AVELL RP 1/2-13X3PUL G-8 | ES | 7104 | 71 | 1925044 |
| TORNI ALLEN CAB CIL RC 3/4-10X3 1/2PUL | ES | 7104 | 71 | 1882718 |
| TORNI ALLEN CAB CIL RC 7/8-9X2 1/2PUL | ES | 7104 | 71 | 1882722 |
| TORNI ALLEN CAB CIL RP 1 1/2-6X5PUL G-8 | ES | 7104 | 71 | 1882738 |
| TORNI ALLEN CAB CIL RP 1/2-13X1PUL G-8 | ES | 7104 | 71 | 1882695 |
| TORNI ALLEN CAB CIL RP 1/2-13X2 1/2PUL | ES | 7104 | 71 | 1882700 |
| TORNI ALLEN CAB CIL RP 1/2-13X3 1/2PUL | ES | 7104 | 71 | 1882702 |
| TORNI ALLEN CAB CIL RP 1/2-13X3PUL G-8 | ES | 7104 | 71 | 1882701 |
| TORNI ALLEN CAB CIL RP 1/2-13X6PUL G-8 | ES | 7104 | 71 | 1882704 |
| TORNI ALLEN CAB CIL RP 3/16-32X2 1/2PUL | ES | 7104 | 71 | 1882671 |
| TORNI ALLEN CAB CILI 3/8-16X1 1/2PUL G-5 | ES | 7104 | 71 | 1882687 |
| TORNI ALLEN CAB CILI 3/8-16X1 1/2PUL G-8 | ES | 7104 | 71 | 1882688 |
| TORNI ALLEN CAB CILI RP 1/4-20X2 1/2 G-8 | ES | 7104 | 71 | 1882677 |
| TORNI ALLEN CAB CILIN 3/4-10X1 1/2PUL | ES | 7104 | 71 | 1882714 |
| TORNI ALLEN CAB CILIN RC 1/2-13X2PUL G-5 | ES | 7104 | 71 | 1882697 |
| TORNI ALLEN CAB CILIN RC 1/2-13X2PUL G-8 | ES | 7104 | 71 | 1882698 |
| TORNI ALLEN CAB CILIN RC 3/4-10X2 1/2PUL | ES | 7104 | 71 | 1882716 |
| TORNI ALLEN CAB CILIN RC 5/8-11X3 1/2PUL | ES | 7104 | 71 | 1882710 |
| TORNI ALLEN CAB CILIN RP 1 1/4-7X5 1/2 | ES | 7104 | 71 | 1882736 |

Fuente: SAP Acerías Paz del Rio y Autor

En la figura anterior se muestra un ejemplo de cómo se realiza una búsqueda de un repuesto con una breve descripción, en un pantallazo anterior al mostrado se le dio como referencia de búsqueda, "Torn 1/2", a lo que el sistema mostro gran cantidad de resultados con su respectivo código de identificación.

Al encontrar el repuesto buscado se procede a consultar si esté registra existencias en los almacenes de la planta y si existe alguna cantidad próxima a llegar que como se puede apreciar en la figura 19, los repuestos próximos a llegar se registran en el sistema como stock en curso y las piezas que se encuentran en las bodegas de los almacenes se muestran como libre utilización.

Figura 18. Ubicación y stock de repuestos en sistema SAP

Resumen de stocks: Lista base

Selección

Material: 1930021 MALLA TEJIDA PARA ZARANDA PL. E10-43/59
Tp.material: ERSA Piezas de recambio
Unidad medida: UN Unidad medida base: UN

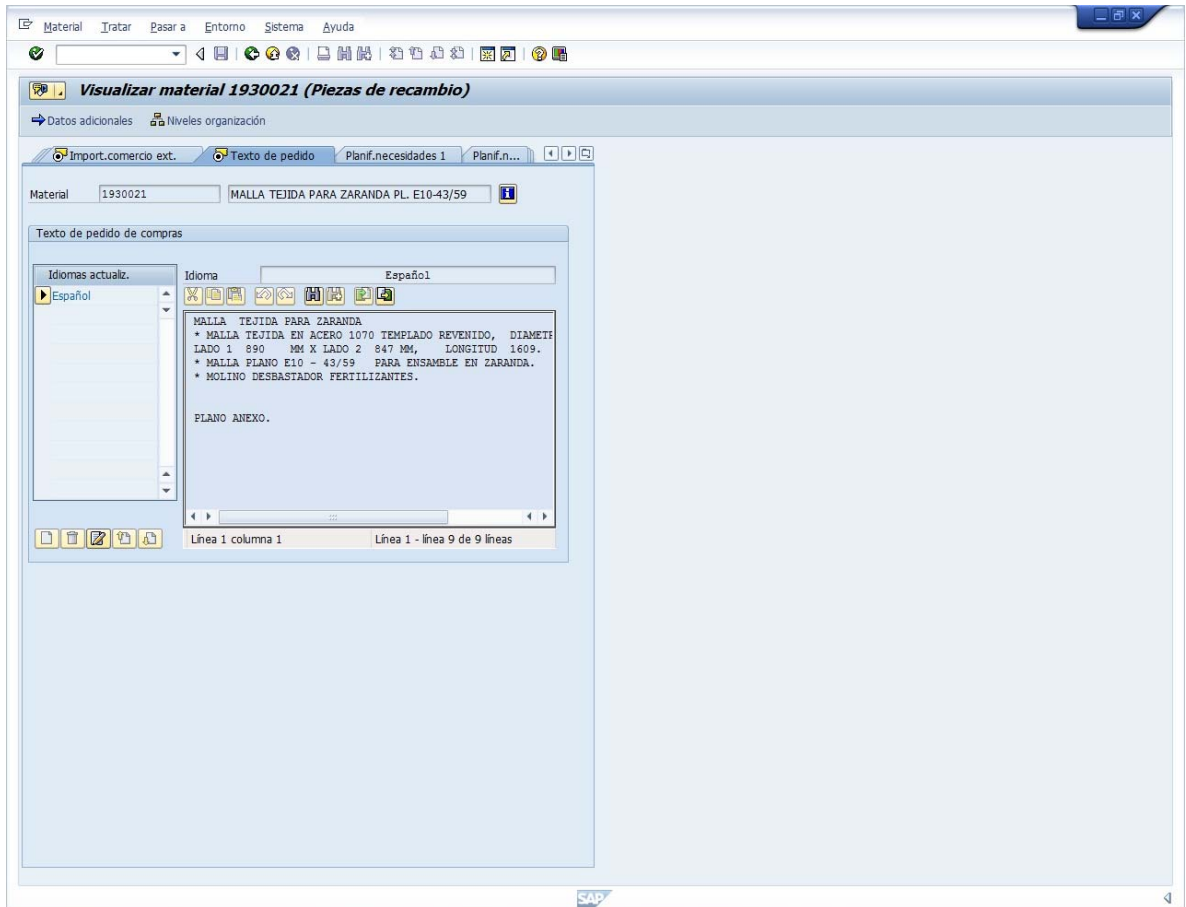
Resumen de stocks

| Mandante / Sociedad / Centro / Almacén / Lote / Stock especial | Libre utilización | Control calidad | Entrega a cliente | Reserva entrada | Stock en curso | Consi... |
|--|-------------------|-----------------|-------------------|-----------------|----------------|----------|
| Total | 7,000 | | | | 9,000 | |
| 7011 VS - Acerías Paz del Rio | 7,000 | | | | 9,000 | |
| 7801 VS-BELENICITO | 7,000 | | | | 9,000 | |
| 1711 MRO RP PTB-06 | 7,000 | | | | 9,000 | |

Fuente: SAP Acerías Paz del Rio y Autor

Si no se tiene certeza de que el repuesto consultado es el correcto, SAP posee una opción en la que es posible visualizar una descripción más detallada del material consultado. Como se puede observar en la figura 20, en la pestaña de texto de pedido se muestran datos más técnicos sobre el repuesto, para el ejemplo mostrado se citan datos más exactos del repuesto, pero en el caso de un tornillo que es un ítem más general usado por diferentes plantas se puede encontrar especificaciones como el paso, el material del que está construido, tipo de cabeza, entre otras.

Figura 19. Descripción del repuesto en el sistema SAP



Fuente: SAP Acerías Paz del Rio y Autor

7. ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LA PLANTA FERTILIZANTES

Esta planta cuenta principalmente con treinta máquinas que tienen partes mantenibles, el análisis de criticidad se realiza bajo los parámetros optados por la organización Votorantim, según sus criterios de evaluación como lo son la afectación a la seguridad y el medio ambiente, como se afecta la calidad del producto, como afecta la producción y cuál es su costo de mantenimiento. Para este último factor de evaluación se toma un presupuesto mensual de mantenimiento de 25 millones de pesos.

En la figura 14 se muestran los criterios de clasificación de equipos con sus respectivas ponderaciones, así como la sumatoria de los aspectos analizados para definir la criticidad. Continuación se muestran las máquinas con clasificación A, la cual corresponde a las unidades funcionales más críticas del proceso de elaboración de abono fosfórico. Y por ende las que más requieren de la implementación de un plan de mantenimiento de manera inmediata.

Tala 3. Máquinas con clasificación A de la planta fertilizantes

| CRITICIDAD EQUIPOS PLANTA FERTILIZANTES. | | | | | | | | |
|--|-------------------|----------------------------|---------------|-----------------------------|----------------------|---------------------|---------------|------------|
| EQUIPO | | | CALIFICACIÓN | | | | CLASIFICACIÓN | |
| Nº | UBICACIÓN TÉCNICA | DESCRIPCIÓN | AFECTA A SSMA | AFECTA CALIDAD DEL PRODUCTO | AFECTA LA PRODUCCIÓN | COSTO MANTENIMIENTO | PUNTAJÓN | CRITICIDAD |
| 4 | 7011-AC-50-DTM01 | Separador magnético N°1 | 1 | 5 | 1 | 1 | 8 | CLASE A |
| 5 | 7011-AC-50-MOI01 | Molino N°1 | 1 | 1 | 5 | 5 | 12 | CLASE A |
| 8 | 7011-AC-50-MOI02 | Molino N°2 | 1 | 1 | 5 | 3 | 10 | CLASE A |
| 18 | 7011-AC-50-CTR04 | Transportador de banda N°4 | 1 | 1 | 5 | 1 | 8 | CLASE A |
| 19 | 7011-AC-50-ELV03 | Elevador N°3 | 1 | 1 | 5 | 3 | 10 | CLASE A |
| 20 | 7011-AC-50-PEN01 | Tamiz vibratorio | 1 | 5 | 5 | 1 | 12 | CLASE A |

Fuente: Autor.

Para observar la calificación de todos los equipos de la planta ver anexo B.

El separador magnético N°1, figura como equipo critico ya que la materia prima del abono fosfórico es escoria proveniente del proceso de convertir el arrabio en acero, por lo que puede contener restos metálicos que si ingresan al proceso, afectan la calidad del producto final ya que este no debe contener hierro en su composición.

El molino N°1 se encuentra en esta categoría por tener un alto puntaje en dos aspectos de evaluación, uno de ellos es el costo de mantenimiento, este ítem alcanza su puntaje máximo debido a que las partes de repuesto de este equipo tienen un costo elevado por ser repuesto no comerciales y que se deben construir, para un ejemplo más detallado podemos hablar de una placa de desgaste la cual tiene un costo aproximado de USD 300, y contiene en su interior 165 unidades y su vida útil o remplazo se da muy a menudo. La afectación a la producción se da porque sin esta máquina no es posible tener producción de abono, no existe otra opción de molienda de la escoria.

Para el molino N°2, se le da la máxima puntuación en la afectación de la producción porque si esta máquina falla se detiene toda la producción a causa de que la granulometría de la materia prima entregada por el molino N°1, no satisface las requisiciones del producto. El costo de mantenimiento para este equipo no alcanza la puntuación máxima pero si muy significativa, debido a que sus repuestos son no comerciales y de materiales poco convencionales.

Dentro de las máquinas críticas también encontramos el transportador de banda N°4, porque si este equipo sale de servicio no se cuenta con una opción alterna para hacer llegar el abono fosfórico del circuito de almacenamiento al de empaque, lo que genera un paro en la producción hasta que el equipo entre en funcionamiento nuevamente.

Elevador N°3, se encuentra dentro de los equipos críticos a que es un medio de transporte del abono para su empacado final y que al igual que el transportador de banda N°4, si entra en falla no existe forma de entregar el material para el empacado.

El tamiz vibratorio posee calificaciones altas en los criterios de afectación de la calidad del producto y en afectación a la producción. El primero a causa de que si la malla sufre una perforación, el producto final no va a cumplir con las granulometrías máximas permitidas lo que acarrearía unos problemas legales con los consumidores, el segundo se debe a que si deja de funcionar no existe alternativa para realizar un tamizaje del producto antes de ser embalaje.

Luego de un análisis por parte de las directivas del departamento central y observando el tiempo medio entre fallas de los equipos mostrados como críticos anteriormente se emite la decisión de que realizar el plan de mantenimiento para el molino N°1 y molino N°2 en primera instancia, debido a que estas son las máquinas que más presentan fallas repetitivas, consumen la mayor cantidad del presupuesto destinado al mantenimiento y la afectación a la producción es bastante notable.

Además de lo anterior se propone realizar el plan de mantenimiento basado en la confiabilidad, método que exige un análisis de modos de falla y efecto (AMFE). Por lo que se comienza a realizar dicho análisis centrado todos los esfuerzos en las máquinas más críticas, Molino N°1 y Molino N°2.

8. RCM PLANTA FERTILIZANTES

El primer paso para realizar el plan de mantenimiento de la planta de fertilizantes de la empresa Acerías Paz del Rio Votorantim Siderurgia, es la concepción del contexto operacional, escrito mediante el cual se le pretende dar al lector del plan una idea general de como es el proceso productivo del proceso.

8.1. CONTEXTO OPERACIONAL SISTEMA DE MOLIENDA, PLANTA FERTILIZANTES

La molienda de la planta fertilizantes se da a través de dos molinos de bolas, el primero de ellos denominado molino desbastador, tipo abierto en circuito cerrado el cual es alimentado mediante un sistema de dosificación por orugas con escoria con granulometría que fluctúa entre los 5mm, y 25mm, y que es llevada hasta el molino por medio de una banda transportadora, con una capacidad de 15ton/hora. Este molino cuenta con un motor de 200Hp a 440W, lo que le provee de la potencia suficiente para generar la rotación de 11 ton., de cuerpos moledores esféricos con diámetros que oscilan entre las 5in y 5.5in, en su etapa inicial y a través de estos moler una carga de escoria cristalina de hasta 20ton.

La primera etapa de molienda provee material con una granulometría aceptada para la segunda molienda en el molino acabador de 7mm, la cual se consigue a través de un sistema de cribado con la que cuenta esta máquina. El material superior a la granulometría mencionada es ingresado al molino devastador por un sistema de recirculación a través de una banda transportadora.

De la segunda etapa de molienda, se encarga el molino de bolas tipo cerrado en sistema abierto conocido como molino acabador; el cual es alimentado de escoria con una granulometría de 7mm., mediante una banda transportadora proveniente del molino devastador. Este equipo cuenta con dos cámaras separadas mediante un diafragma central cuya función es la de tamizar el material con una granulometría menor a 3mm, esto se logra con una carga de 12ton., de cuerpos moledores esféricos con diámetro de 3.5 in en su etapa inicial. Este compartimiento cuenta con un blindaje pernado en la parte exterior del casco. El segundo compartimiento cuenta con 11ton., de cuerpos moledores esféricos de 3in de diámetro en su etapa inicial y con un blindaje sin pernar; lo que nos da como resultado una granulometría menor a 2.5mm., para desarrollar el trabajo anteriormente mencionado este molino cuenta con un motor de 300 HP a 440 W.

El sistema de molienda de la planta fertilizantes trabaja en turnos diarios de 16 horas y 315 días al año aproximadamente, actualmente se realizan mantenimientos programados de 16 horas una vez por semana. La frecuencia de intervención de este sistema se debe a que el tipo de material que se muele es altamente abrasivo y de gran dureza lo que provoca un gran desgaste a los componentes de las máquinas. Lo anterior para asegurar una producción de abono fosfórico de 5ton/hora.

8.2. FUNCIÓN PRINCIPAL DE LAS MÁQUINAS

La función principal de cada equipo debe contener un verbo, seguido por un objeto y finalmente un estándar de funcionamiento, el cual es el deseado por el usuario pero sin exceder los límites máximos que puede brindar la máquina. Cabe resaltar que un equipo puede tener varias funciones principales.

8.2.1. Función del Molino N°1. Suministrar escoria con granulometría menor a 7mm. Para segunda molienda a razón de 5 ton /h.

8.2.2. Función del molino N°2. Suministrar escoria con granulometría menor a 3.5 mm a razón de 5 ton/h. Para el sistema de embalaje.

8.3. FALLAS FUNCIONALES DE LAS MÁQUINAS

Una falla funcional se define como la incapacidad de cualquier activo físico de cumplir una función según un parámetro de funcionamiento aceptable para el usuario.

8.3.1. Fallas funcionales del Molino N°1. Para este molino se determinan cuatro fallas funcionales principalmente.

- A.** Suministra escoria con granulometría mayor a 7mm.
- B.** No suministra escoria
- C.** El molino produce menos de 5 t/h

D. Molino no retine el 100% de la escoria en su interior.

8.3.2. Fallas funcionales del Molino N°2. Para este molino se determinan tres fallas funcionales principalmente.

A. Suministra escoria con granulometría mayor a 3.5mm.

B. No suministra escoria a razón de 5 ton/h.

C. Molino no retine el 100% de la escoria en su interior.

8.4. MODOS DE FALLA

La definición más precisa de un modo de falla se concibe como cualquier evento que causa una falla funcional de un activo físico o sistema o proceso.

8.4.1. Modos de falla para el molino N°1. Para esta máquina se definen principalmente veinticuatro (24), modos de falla los cuales se muestran a continuación.

1. Mallas de zarandas en mal estado.
2. Ruido anormal en el molino.
3. Incremento de material rechazado por el circuito en un 20%.
4. Caída de cuerpos molidores a la banda de recirculación.
5. Disminución de un 20% de salida de escoria para segunda molienda.
6. Molino no arranca.
7. Motor no arranca.
8. Disparo de protección eléctrica.
9. Molino arranca y se va al fallo.

10. Tren motriz gira, pero el molino no lo hace.
11. No existe flujo de lubricante hacia las chumaceras principales.
12. No existe flujo de agua de refrigeración hacia las chumaceras principales.
13. Salida de escoria con granulometría menor a 7mm. Por la banda de recirculación.
14. El molino gira a unas revoluciones menores a los normales y altos consumos de energía.
15. Se dispara protección banda transportadora de entrada de escoria al molino.
16. Se dispara protección banda transportadora de recirculación.
17. Recalentamiento de chumaceras auxiliares.
18. Vibración excesiva de la carcasa externa.
19. Falta de escoria en las tolvas de recibo.
20. Salida de cuerpos moledores con un diámetro de aproximadamente 1 in a la banda de recirculación.
21. Salida de escoria por la culata de entrada.
22. Escape de escoria por el cuerpo del molino.
23. Escape de escoria por la carcasa exterior lado entrada.
24. Escape de escoria por la carcasa exterior lado salida.

8.4.3 Modos de falla para el molino N°2. Para el molino N°2 se definen doce (12), modos de falla para un total de treinta y seis (36), en todo el sistema de molienda de la planta fertilizantes.

25. Rejilla de salida fracturada.

26. Caída de cuerpos moledores al sótano del elevador.
27. Molino no arranca.
28. Motor no arranca.
29. Disparo de protección eléctrica.
30. Molino arranca y se va al fallo.
31. Tren motriz gira, pero el molino no lo hace.
32. No existe flujo de lubricante hacia las chumaceras principales.
33. No existe flujo de agua de refrigeración hacia las chumaceras principales.
34. Salida de cuerpos moledores con un diámetro de aproximadamente 1/2 in al sótano del elevador.
35. Salida de escoria por la culata de entrada.
36. Escape de escoria por el cuerpo del molino.

Para cada modo de falla se tiene un efecto de la falla, que este provoca sobre la máquina o proceso productivo, así como una consecuencia que se tiene a causa de los dos aspectos nombrados.

8.5 EFECTOS DE LA FALLA O DEL MODO DE FALLA

Al plantear el efecto de la falla se busca describir que ocurre cuando se presenta un modo de falla o la forma en que se puede percibir.

8.5.1. Efectos de los modos de falla del molino N°1. A continuación refiero los efectos de las fallas para cada uno de los modos de falla, en el respectivo orden en que se encuentran enunciadas.

- 1.** Salida de escoria del molino con granulometría mayor a 7mm. Se debe intervenir molino para verificar condiciones de mallas. Parada no programada de 6 horas.
- 2.** Se debe verificar si existen placas de blindaje desprendidas y girando junto con los cuerpos moledores y el material a moler.
- 3, 4, 5.** Rejilla desplazada o con fractura. Parada no programada de 3 horas para revisar estado de la rejilla de salida y palanquillas de soporte.

- 6a.** Lubricante en mal estado, contaminado con material de molienda.

- 6b.** Freno mecánico es el sistema de transmisión potencia, se identifica ruido extraño y disparo de protección.

- 7a.** Disparo de protección eléctrica de sobre corriente.

- 7b.** El motor presenta recalentamiento en la carcasa. Por encima de 80 grados Celsius. Se debe verificar que protección actuó.

- 8.** Sobre corriente. Alarma visual en protección acometida desde el tablero Alsthom. No permite rearme y motor con alta temperatura superior a 80 grados Celsius.

- 9.** Sobre corriente en el motor, provocando el disparo de la protección eléctrica, se realiza rearme y se dispara protección nuevamente.

- 10.** No hay contacto entre piñón de ataque y corona. Des alineamiento del conjunto motriz o desgaste o fractura en los dientes de la corona o piñón.

- 11a.** Obstrucción en la tubería de lubricación.

- 11b.** Filtros de lubricación tapados.

- 11c.** Bomba de lubricación no bombea.
- 11d.** Motor de la bomba no enciende.
- 12.** Obstrucción de la tubería o fallo en el suministro de agua industrial.
- 13.** Acumulación de material en la parte interna de la carcasa externa.
- 14.** Lubricante de la corona contaminado, provocando una reducción en las RPM del molino.
- 15a.** Acumulación de material en el tambor de cola provocando el frenado de la banda.
- 15b.** Disparo de la protección eléctrica por sobre corriente en el motor de la banda.
- 16a.** Acumulación de material en el tambor de cola provocando el frenado de la banda.
- 16b.** Disparo de la protección eléctrica por sobre corriente en el motor de la banda.
- 17.** Bajo nivel de lubricante en las chumaceras auxiliares.
- 18.** Ruptura de uno o más espárragos de los soportes de las zarandas lado entrada.
- 19.** No ingresa escoria al molino a través de la banda de alimentación.

20. Verificación del desgaste o ruptura de los cuerpos molidores, aumentando el tiempo de molienda.

21. Tornillos de sujeción de placas de la culata de entrada fracturados o sueltos.

22. Compuerta de inspección suelta o factura de la carcasa exterior.

23, 24. Deterioro de la banda 3 lonas que sirve como sello entre el cilindro interno y la carcasa externa del molino.

8.5.2 Efectos de los modos de falla del molino N°2. A continuación refiero los efectos de las fallas para cada uno de los modos de falla, en el respectivo orden en que se encuentran enunciadas.

25. Salida de abono fosfórico con granulometría mayor a 3.5 mm. Parada del sistema de molienda por 3 horas para verificar estado del a rejilla de salida.

26. Rejilla de salida fisurada permitiendo salida de molidores y escoria con granulometría mayor a 3.5mm.

27a. Lubricante en mal estado, contaminado con material de molienda.

27b. Freno mecánico es el sistema de transmisión potencia, se identifica ruido extraño y disparo de protección.

28a. Disparo de protección eléctrica de sobre corriente.

28b. El motor presenta recalentamiento en la carcasa. Por encima de 80 grados Celsius. Se debe verificar que protección actuó.

- 29.** Sobre corriente. Alarma visual en protección acometida desde el tablero Alsthom. No permite rearme y motor con alta temperatura superior a 80 grados Celsius.
- 30.** Sobre corriente en el motor, provocando el disparo de la protección eléctrica, se realiza rearme y se dispara protección nuevamente.
- 31.** No hay contacto entre piñón de ataque y corona. Des alineamiento del conjunto motriz o desgaste o fractura en los dientes de la corona o piñón.
- 32a.** Obstrucción en la tubería de lubricación.
- 32b.** Filtros de lubricación tapados.
- 32c.** Bomba de lubricación no bombea.
- 32d.** Motor de la bomba no enciende.
- 33.** Obstrucción de la tubería o fallo en el suministro de agua industrial.
- 34.** Verificación del desgaste o ruptura de los cuerpos molidores, aumentando el tiempo de molienda.
- 35.** Tornillos de sujeción de placas de la culata de entrada fracturados o sueltos.
- 36a.** Tornillos de las compuertas de inspección sueltos.
- 36b.** Tornillos de sujeción de placas de la culata de entrada fracturados o sueltos.

8.6. CONSECUENCIAS DE LAS FALLAS

En las consecuencias de las fallas se da una breve explicación de que sucede al presentarse la falla, se establece la afectación de la producción o rendimiento de la misma a causa de una determinada falla.

8.6.1. Consecuencias de las fallas de molino N°1. En adelante se enumeran las consecuencias de cada una de las fallas presentadas por el molino N°1.

1. Retraso de la segunda molienda, pérdida de producción de 5 ton/h e impacto de disponibilidad para empacado.
2. Parada en el molino para revisar y cambiar placas desprendidas.
- 3, 4, 5. Parada del sistema de molienda y la pérdida de 5 ton/h. de abono fosfórico para empaque o almacenamiento.
- 6a. Parada del sistema de molienda durante 10 horas, para limpieza de lubricante en mal estado y hermetizar la corona.
- 6b. Se debe parar molienda, verificar sistema mecánico parada en producción entre durante tres horas aproximadamente.
- 7a. Se identifica freno mecánico lo cual hace que se deba intervenir o verificar el sistema de transmisión mecánica.
- 7b. Según disparo de protección eléctrica se debe realizar medición de aislamiento y verificar estado de borneras. Parada de molienda cerca de tres horas.
8. Posible fallo de motor o acometida. Se debe desconectar y proceder a realizar mediciones de aislamiento y a su vez verificar estado de conexiones en tablero y motor. Parada de molienda durante 4 horas.

- 9.** Verificar fallo en el motor o sistema de transmisión de potencia o lubricante en mal estado. Parada en molienda durante cuatro horas.

- 10.** Paro del sistema de molienda, verificar condición de contacto entre conjuntos y estado de los dientes del piñón o la corona. Perdida de producción durante 12 Horas.

- 11.** Parada del molino para verificar estado de tuberías, filtro, bomba y motor de lubricación. Parada del molino durante 5 horas.

- 12.** Parada del molino para verificar tubería y suministro de agua industrial, se debe contactar al supervisor del taller de tuberías.

- 13.** Parada del molino para hacer aseo al interior de la carcasa externa, con un tiempo de perdida de producción de 6 horas.

- 14.** Parada en sistema de molienda para evacuar parte del lubricante contaminado.

- 15a.** Inspección y limpieza del tambor de cola. Parada del molino durante 2 horas para evacuación de material del sótano de las orugas.

- 15b.** Se debe realizar medición de aislamiento y verificar estado de borneras. Parada de molienda durante 1 hora.

- 16a.** Inspección y limpieza del tambor de cola. Parada del molino durante 1 hora para evacuación de material.

- 16b.** Se debe realizar medición de aislamiento y verificar estado de borneras. Parada de molienda durante 1 hora.

17. Parada en el sistema de molienda durante 20 min. Para reabastecimiento de lubricante y puesta de aire para refrigeración de las chumaceras auxiliares.
18. Parada del molino para retirar tapa de inspección y verificar estado de espárragos lado entrada.
19. Parada en el sistema de molienda por 1 hora mientras se abastecen las tolvas con escoria para moler.
20. Parada por 16 horas del sistema de molienda para la clasificación y reabastecimiento de los cuerpos moledores.
21. Paro del molino para revisión, ajuste o cambio de tornillos en mal estado de la culata.
22. Parada del molino para verificar torque de los tornillos de la compuerta de inspección y grietas o fracturas de la carcasa exterior.
- 23, 24. Parada en el sistema de molienda para verificar el estado de las bandas de hermetización del molino.

8.6.2. Consecuencias de las fallas de molino N°1. En adelante se enumeran las consecuencias de cada una de las fallas presentadas por el molino N°2.

- 25, 26. Parada en el sistema de molienda para verificar el estado de las bandas de hermetización del molino.
- 27a. Parada del sistema de molienda durante 10 horas, para limpieza de lubricante en mal estado y hermetizar la corona.

- 27b.** Se debe parar molienda, verificar sistema mecánico parada en producción entre durante tres horas aproximadamente.
- 28a.** Se identifica freno mecánico lo cual hace que se deba intervenir o verificar el sistema de transmisión mecánica.
- 28b.** Según disparo de protección eléctrica se debe realizar medición de aislamiento y verificar estado de borneras. Parada de molienda cerca de tres horas.
- 29.** Posible fallo de motor o acometida. Se debe desconectar y proceder a realizar mediciones de aislamiento y a su vez verificar estado de conexiones en tablero y motor. Parada de molienda durante 4 horas.
- 30.** Verificar fallo en el motor o sistema de transmisión de potencia o lubricante en mal estado. Parada en molienda durante cuatro horas.
- 31.** Paro del sistema de molienda, verificar condición de contacto entre conjuntos y estado de los dientes del piñón o la corona. Perdida de producción durante 12 Horas.
- 32.** Parada del molino para verificar estado de tuberías, filtro, bomba y motor de lubricación.
- 33.** Paro del molino para verificar tubería y suministro de agua industrial.
- 34.** Parada por 16 horas del sistema de molienda para la clasificación y reabastecimiento de los cuerpos moledores.

35. Paro del molino para revisión, ajuste o cambio de tornillos en mal estado de la culata.

36. Parada del molino para verificar torque de los tornillos de la compuerta de inspección y grietas o fracturas de la carcasa exterior.

En el anexo C, se muestra la información consolidada de las fallas funcionales, los modos de falla, los efectos de falla y las consecuencias.

8.7. ÁRBOL DE DECISIÓN

El árbol de decisión es la herramienta que permite tomar decisiones acertadas respecto a los lineamientos a seguir con respecto a las fallas ya analizadas. Esta herramienta la podemos definir como un diagrama de flujo el cual nos plantea una serie de interrogantes acerca de la falla que estamos analizando y nos dará como respuesta si debemos programar tareas según la condición, tareas según restauración, tareas en búsqueda de fallos, rediseño obligatorio, rediseño deseable, programar sustitución o si es mejor no hacer nada para evitar que la falla ocurra y realizar un mantenimiento correctivo de la falla.

En la figura 22, se muestra el árbol de decisión tomado del libro de John Moubray con nombre Mantenimiento centrado en la confiabilidad, edición en español. Con algunas adaptaciones para el proceso analizado en este documento.

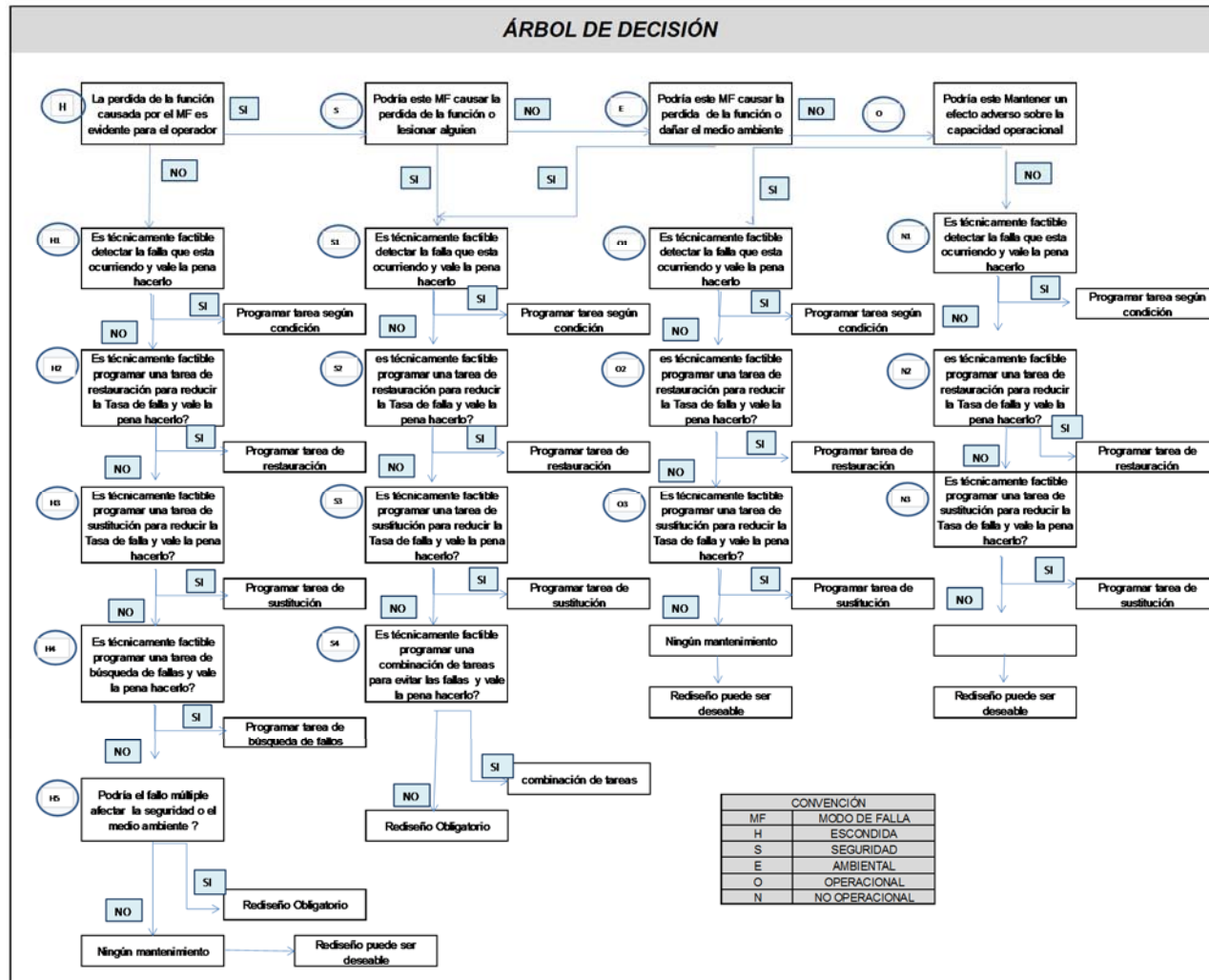
Además del árbol de decisión es necesario realizar una tabla u hoja de decisión la cual contiene las columnas llamadas H, S, E, O, en las que se da respuesta a cada interrogante planteada para cada modo de falla. Luego se encuentran las columnas H1, H2, H3, en las que se registra si se ha seleccionado una tarea proactiva para mejorar o evitar que la falla ocurra.

A modo de ejemplo vamos a tomar el modo de falla número 1, mallas de zarandas en mal estado, para comprender como se utiliza el árbol de decisión. Siempre comenzamos con la interrogante H, ¿la pérdida de la función causada por el MF es evidente para el operador?, para el caso puntual es un NO, ya que es una parte

interna del molino que no se puede apreciar desde el exterior del mismo, y se registra en la columna H, de la hoja de decisión. Continuamos con la siguiente pregunta H1, ¿Es técnicamente factible detectar la falla que está ocurriendo y vale la pena hacerlo? Para el caso puntual esto sería un SI, porque la falla se puede detectar si se observa una disminución en el material de rechazo y un aumento de material de molienda para el molino N°2. Lo que nos lleva a programar una tarea según condición.

La tarea según la condición que se definió para este modo de falla es realizar inspección visual a las zarandas del molino, con una frecuencia inicial de una vez por mes y se propone un tiempo medio de 3 horas hombre para realizar esta labor.

Figura 20. Árbol de decisión



Fuente: MOUBRAY JOHN, Mantenimiento Centrado en Confiabilidad y Autor.

La evaluación de todos los modos de falla mediante el árbol de decisión con sus respectivas tareas propuestas y tiempo medio en horas hombre, se muestra en el anexo D.

8.8. PLANILLA DE MANTENIMIENTO

Para finalizar el proceso de la realización de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad es necesario establecer las tareas que se van a realizar como primera medida para mejorar la condición de la máquina o sistema al que se le esté realizando el estudio, además de la frecuencia con estas se van a realizar.

8.8.1. Planilla de mantenimiento Molino N°1. Para el molino N°1 se consolida un listado de cincuenta actividades de las cuales veintidós se consideran como mantenimiento predictivo y las restantes como mantenimiento preventivo y en frecuencias que oscilan entre ocho horas y seis meses. Con este listado se pretende mejorar la condición actual de la máquina para aumentar su disponibilidad y confiabilidad.

En el anexo E, se enuncian las actividades con sus respectivas frecuencias, responsables, horas hombre y una programación semanal para la realización de cada actividad durante dos meses.

8.8.2. Planilla de mantenimiento Molino N°2. En el caso del molino N°2, se establece una rutina de mantenimiento con un total de cuarenta y cuatro actividades de las cuales veinticuatro se consideran rutinas de mantenimiento predictivo y veinte como mantenimiento preventivo, teniendo en cuenta la frecuencia con la que se debe intervenir el equipo, los responsables y las horas hombre necesarias para el desarrollo de las actividades.

En el anexo F, se muestra la planilla de mantenimiento perteneciente a esta máquina.

9. CONCLUSIONES

- La auditoría realizada al departamento de mantenimiento de la planta de fertilizantes demostró que se deben realizar cambios sustanciales en la adecuación del taller de esta planta, así como el manejo que se le está dando a la información y registro de los trabajos realizados a las máquinas.
- Realizado el análisis de criticidad de los equipos; bajo los parámetros establecidos por la empresa Acerías Paz del Rio Votorantim Siderurgia, se encontraron seis equipos críticos dentro de la planta de análisis. Expuestos estos resultados a las directivas de la empresa, se aprueba el desarrollo del plan de mantenimiento para dos de estas máquinas (Molino N°1 y Molino N°2).
- El análisis de modos de falla y efecto se desarrolló con la participación de personal de las dependencias a fines a la planta, (producción, mantenimiento central, mantenimiento local, operadores de las máquinas y personal de seguridad industrial). Quienes aportaron la información necesaria para elaborar el análisis de las máquinas de estudio.
- La implementación del plan de mantenimiento para las máquinas de estudio quedo a cargo del mantenimiento central de la empresa, debido a que se limitó el acceso a la plataforma SAP. Como primera medida de implementación se emitió un listado de actividades y frecuencias de realización de una forma no oficial a los operadores de la planta para comenzar a realizarlas durante la implementación oficial de la empresa mediante su sistema de información.
- Es satisfactorio reconocer que se cumplió con el objetivo general del proyecto, ya que los análisis realizados y las recomendaciones emitidas de mi parte, fueron muy bien acatadas por las directivas de la empresa. Esto es prueba de la gran calidad profesional de los egresados de la Universidad Industrial de Santander y el reconocimiento que se le tiene a nivel académico y empresarial.
- Considero importante que la universidad incursione en acuerdos con empresas de la región para promover a los profesionales y futuros egresados, teniendo en cuenta que las instituciones universitarias de la zona no cuentan con el programa académico de ingeniera mecánica.

BIBLIOGRAFÍA

- Acerías Paz del Río. Acero Colombiano hecho con amor, <http://www.pazdelrio.com.co/es-es/Paginas/default.aspx>
- ALCATANA, Juan. Diseño práctico de un molino de bolas, Tesis Ingeniero Mecánico, Instituto Politécnico Nacional, 2008
- BORRAS. Carlos. Principios de Mantenimiento. UIS, 2014.
- GARCÍA GARRIDO, Santiago. Colección Mantenimiento Industrial, Auditorías de Mantenimiento, Renovetec, 2009.
- GARCIA GARRIDO, Santiago. Colección de Mantenimiento Industrial, Volumen 4. MANTENIMIENTO CORRECTIVO. Renovetec, 2009.
- Mantenimiento mundial, El portal latinoamericano de mantenimiento <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/>
- MATEUS, Jairo. PAEZ, Juan. Desarrollo de un programa de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada y vehículos de transporte del municipio de la Paz Santander, Trabajo de grado Ingeniero Mecánico, Universidad Industrial de Santander, 2015.
- MOUBRAY, JOHN. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad: Aladon Ltd, 1994.
- ROBLES, Wilson. Modelo de gestión de mantenimiento para la planta de cementos Andino, basado en la filosofía RCM2. Trabajo de grado Especialista en Gerencia de Mantenimiento, Universidad Industrial de Santander, 2006.
- Solo mantenimiento, Portal del Mantenimiento Industrial: Empresas, Servicios y Suministros – H, <http://www.solomantenimiento.com/>

ANEXOS

Anexo A: Auditoria del mantenimiento de la planta fertilizantes

| CUESTIONARIO DE AUDITORIA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO | | |
|--|---|---------------------------|
| No. | CRITERIO | VALOR |
| | | "3" Favorable |
| | | "2" Aceptable y mejorable |
| | | "1" Desfavorable |
| | | "0" Desalentadora |
| 1 | ¿El organigrama de mantenimiento garantiza la presencia de personal de mantenimiento preparado cuando se necesite, de la forma más rápida posible? | 2 |
| 2 | ¿Hay personal que pueda considerarse 'imprescindible' cuya ausencia afecta a la actividad normal del área de mantenimiento? | 1 |
| 3 | ¿El organigrama garantiza que habrá personal disponible para realizar mantenimiento el mantenimiento programado, incluso en el caso de un aumento del mantenimiento correctivo? | 1 |
| 4 | ¿El número de horas extraordinarias que se genera en el área de mantenimiento es habitualmente superior al máximo legal autorizado? | 2 |
| 5 | ¿La cualificación previa que se exige al personal del área de mantenimiento es la adecuada? | 3 |
| 6 | ¿Se realiza una formación inicial efectiva cuando se incorpora un nuevo trabajador al área de mantenimiento? | 2 |
| 7 | ¿Hay un plan de formación para el personal de mantenimiento? | 1 |
| 8 | ¿Este plan de formación hace que los conocimientos en el mantenimiento de la planta mejoren? | 1 |
| 9 | ¿El plan de formación hace que los conocimientos en otras áreas de la planta (operaciones, seguridad, medioambiente, administración, etc.) mejoren? | 2 |
| 10 | ¿El personal de mantenimiento mecánico puede realizar todo tipo de tareas (mecánicas, eléctricas o de instrumentación) sencillas? | 1 |
| 11 | ¿El personal de mantenimiento mecánico puede realizar todo tipo de tareas especializadas (mecánicas, eléctricas o de instrumentación)? | 1 |
| 12 | ¿El personal de mantenimiento eléctrico puede realizar todo tipo de tareas (mecánicas, eléctricas o de instrumentación) sencillas? | 2 |
| 13 | ¿El personal de mantenimiento eléctrico puede realizar todo tipo de tareas especializadas (mecánicas, eléctricas o de instrumentación)? | 1 |
| 14 | ¿El personal de mantenimiento está capacitado para trabajar en otras áreas (operaciones, seguridad, control químico, etc.)? | 2 |
| 15 | ¿Se respeta el horario de entrada y salida? | 2 |
| 16 | ¿Se respeta la duración de los descansos? | 2 |
| 17 | ¿La media de tiempos muertos no productivos es la adecuada? | 1 |
| 18 | ¿Los tiempos de intervención se ajustan a la duración teórica estimable en que podrían realizarse los trabajos? | 2 |
| 19 | ¿El personal de mantenimiento se siente reconocido en su trabajo? | 2 |
| 20 | ¿El personal de mantenimiento siente que la empresa se preocupa de sus necesidades para poder realizar un buen trabajo? | 2 |
| 21 | ¿El personal de mantenimiento considera que tiene proyección profesional dentro de la empresa? | 2 |
| 22 | ¿El personal de mantenimiento se siente satisfecho con su horario? | 3 |
| 23 | ¿El personal de mantenimiento se considera bien retribuido? | 2 |
| 24 | ¿El personal de mantenimiento está comprometido con los objetivos de la empresa? | 2 |
| 25 | ¿El personal de mantenimiento tiene un buen concepto de sus mandos? | 2 |
| 26 | ¿El personal de mantenimiento considera que el ambiente del área de operaciones es agradable? | 2 |
| 27 | ¿El nivel de absentismo entre el personal de mantenimiento es bajo? | 2 |
| 28 | ¿El nivel de rotación entre el personal de mantenimiento es bajo? | 1 |
| 29 | ¿Las herramientas mecánicas corresponden con lo que se necesita? | 2 |
| 30 | ¿Las herramientas eléctricas corresponden con lo que se necesita? | 2 |

| CUESTIONARIO DE AUDITORIA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO | | |
|--|---|----------------------------------|
| No. | CRITERIO | VALOR |
| | | "3" Favorable |
| | | "2" Aceptable y mejorable |
| | | "1" Desfavorable |
| | | "0" Desalentadora |
| 31 | ¿Las herramientas para el mantenimiento de la instrumentación corresponden con lo que se necesita? | 2 |
| 32 | ¿Las herramientas para el mantenimiento predictivo corresponden con lo que se necesita? | 1 |
| 33 | ¿Las herramientas de taller corresponden con lo que se necesita? | 2 |
| 34 | ¿Los equipos de medida están calibrados? | 1 |
| 35 | ¿Existe un inventario de herramientas? | 2 |
| 36 | ¿Se comprueba periódicamente el inventario de herramientas? | 2 |
| 37 | ¿El taller está situado en el lugar apropiado? | 2 |
| 38 | ¿Está limpio y ordenado su interior? | 1 |
| 39 | ¿Mantenimiento dispone de los medios de comunicación interna que se necesitan? | 1 |
| 40 | ¿Mantenimiento dispone de los medios de comunicación con el exterior que se necesitan? | 1 |
| 41 | ¿Se dispone de los medios de transporte que se necesitan? | 2 |
| 42 | ¿Se dispone de los medios de elevación que se necesitan (carretillas elevadoras, carretillas manuales, polipastos, puentes grúa, diferenciales, etc.) | 2 |
| 43 | ¿Existe un plan de mantenimiento que afecte a todas las áreas y equipos significativos de la planta? | 1 |
| 44 | ¿Hay una programación de las tareas que incluye el plan de mantenimiento (está claro quien y cuando se realiza cada tarea)? | 2 |
| 45 | ¿La programación de las tareas de mantenimiento se cumple? | 2 |
| 46 | ¿El Plan de mantenimiento respeta las instrucciones de los fabricantes? | 1 |
| 47 | ¿Se han analizado los fallos críticos de la planta? | 1 |
| 48 | ¿El Plan está orientado a evitar esos fallos críticos de la planta y/o a reducir sus consecuencias? | 1 |
| 49 | ¿El plan de mantenimiento se realiza? | 1 |
| 50 | ¿La proporción entre horas/hombre dedicadas a mantenimiento programado y mantenimiento correctivo no programado es la adecuada? | 1 |
| 51 | ¿El número de averías repetitivas es bajo? | 1 |
| 52 | ¿El tiempo medio de resolución de una avería es bajo? | 1 |
| 53 | ¿Hay un sistema claro de asignación de prioridades? | 1 |
| 54 | ¿Este sistema se utiliza correctamente? | 1 |
| 55 | ¿El número de averías con el máximo nivel de prioridad (o averías urgentes) es bajo? | 1 |
| 56 | ¿El número de averías pendientes de reparación es bajo? | 2 |
| 57 | ¿La razón por la que las averías están pendientes está justificada? | 2 |
| 58 | ¿Se realiza un análisis de los fallos que afectan a los resultados de la planta? | 2 |
| 59 | ¿Las conclusiones de estos análisis se llevan a la practica? | 2 |
| 60 | ¿Todas las tareas habituales de mantenimiento están recogidas en procedimientos? | 1 |
| 61 | ¿Los procedimientos son claros y perfectamente entendibles? | 1 |
| 62 | ¿Los procedimientos contienen toda la información que se necesita para realizar cada tarea? | 1 |
| 63 | ¿El personal de mantenimiento recibe formación en estos procedimientos, especialmente cuando se producen cambios? | 2 |
| 64 | ¿El proceso de implantación de un nuevo procedimiento es el adecuado? | 1 |
| 65 | ¿Cuándo el personal de mantenimiento realiza una tarea utiliza el procedimiento aprobado? | 1 |
| 66 | ¿Los procedimientos de mantenimiento se actualizan periódicamente? | 2 |
| 67 | ¿Todos los trabajos que se realizan se reflejan en una orden de trabajo? | 2 |
| 68 | ¿El formato de esta orden de trabajo es adecuado? | 2 |
| 69 | ¿Los operarios cumplimentan correctamente estas órdenes? | 2 |
| 70 | ¿Las ordenes de trabajo se introducen en el sistema informático? | 2 |

| CUESTIONARIO DE AUDITORIA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO | | |
|--|---|----------------------------------|
| No. | CRITERIO | VALOR |
| | | "3" Favorable |
| | | "2" Aceptable y mejorable |
| | | "1" Desfavorable |
| | | "0" Desalentadora |
| 71 | ¿El sistema informático de mantenimiento resulta adecuado? | 3 |
| 72 | ¿El sistema informático supone una carga burocrática importante? | 3 |
| 73 | ¿El sistema informático aporta información útil? | 2 |
| 74 | ¿El sistema informático aporta información fiable? | 2 |
| 75 | ¿Los mandos de mantenimiento consultan habitualmente la información contenida en el sistema? | 2 |
| 76 | ¿Los operarios de mantenimiento consultan habitualmente la información contenida en el sistema? | 1 |
| 77 | ¿Se emite un informe periódico que analiza la evolución del departamento de mantenimiento? | 1 |
| 78 | ¿El informe aporta información útil para la toma de decisiones? | 1 |
| 79 | ¿Se ha elaborado una lista de repuesto mínimo que debe permanecer en stock? | 2 |
| 80 | ¿Los criterios empleados para elaborar esa lista son validos? | 2 |
| 81 | ¿Se comprueba periódicamente que se dispone de ese stock? | 2 |
| 82 | ¿La lista de stock mínimo se actualiza y mejora periódicamente? | 2 |
| 83 | ¿Se realizan periódicamente inventarios de repuesto? | 2 |
| 84 | ¿Los movimientos del almacén se registran en un sistema informático? | 3 |
| 85 | ¿Coincide lo que se cree que se tiene (según los inventarios y el sistema informático) con lo que se tiene realmente? | 3 |
| 86 | ¿El almacén está limpio y ordenado? | 3 |
| 87 | ¿El almacén está situado en el lugar adecuado? | 2 |
| 88 | ¿Es fácil localizar cualquier pieza? | 3 |
| 89 | ¿Las condiciones de almacenamiento son correctas? | 3 |
| 90 | ¿Se realizan comprobaciones de material cuando se recibe? | 2 |
| 91 | ¿La disponibilidad media de los equipos significativos es la adecuada? | 2 |
| 92 | ¿La disponibilidad media de la planta es la adecuada? | 2 |
| 93 | ¿La evolución de la disponibilidad es positiva (está aumentado la disponibilidad)? | 3 |
| 94 | ¿El tiempo medio entre fallos en equipos significativos es el adecuado? | 2 |
| 95 | ¿La evolución del tiempo medio entre fallos en equipos significativos es positiva? | 2 |
| 96 | ¿El número de OT de emergencia es bajo? | 1 |
| 97 | ¿El número de OT de emergencia está descendiendo? | 2 |
| 98 | ¿El tiempo medio de reparación en equipos significativos es bajo? | 2 |
| 99 | ¿El tiempo medio de reparación en equipos significativos está descendiendo? | 2 |
| 100 | ¿El número de averías repetitivas es bajo? | 1 |
| 101 | ¿El número de averías repetitivas está descendiendo? | 2 |
| 102 | ¿El número de horas/hombre invertidas en mantenimiento es el adecuado? | 2 |
| 103 | ¿El número de horas/hombre invertidas en mantenimiento está descendiendo? | 2 |
| 104 | ¿El gasto en repuestos es el adecuado? | 2 |
| 105 | ¿El gasto en repuestos está descendiendo? | 1 |
| TOTAL: | | 184 |
| PORCENTAJE: | | 58 % |

Anexo B: Resultado de la evaluación de criticidad de las máquinas de la planta fertilizantes

| CRITICIDAD EQUIPOS PLANTA FERTILIZANTES. | | | | | | | | |
|--|-------------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|----------------------|---------------------|---------------|------------|
| N° | EQUIPO | | CALIFICACIÓN | | | | CLASIFICACIÓN | |
| | UBICACIÓN TÉCNICA | DESCRIPCIÓN | AFECTA A SSMA | AFECTA CALIDAD DEL PRODUCTO | AFECTA LA PRODUCCIÓN | COSTO MANTENIMIENTO | PUNTAJACIÓN | CRITICIDAD |
| 1 | 7011-AC-50-ORU01 | Distribuidor de escoria N°1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 6 | CLASE C |
| 2 | 7011-AC-50-ORU02 | Distribuidor de escoria N°2 | 1 | 1 | 3 | 1 | 6 | CLASE C |
| 3 | 7011-AC-50-CTR01 | Transportador de banda N°1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 6 | CLASE C |
| 4 | 7011-AC-50-DTM01 | Separador magnético N°1 | 1 | 5 | 1 | 1 | 8 | CLASE A |
| 5 | 7011-AC-50-MOI01 | Molino N°1 | 1 | 1 | 5 | 5 | 12 | CLASE A |
| 6 | 7011-AC-50-CTR02 | Transportador de banda N°2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | CLASE C |
| 7 | 7011-AC-50-CTR03 | Transportador de banda N°3 | 1 | 1 | 3 | 1 | 6 | CLASE C |
| 8 | 7011-AC-50-MOI02 | Molino N°2 | 1 | 1 | 5 | 3 | 10 | CLASE A |
| 9 | 7011-AC-50-ELV01 | Elevador N°1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 6 | CLASE C |
| 10 | 7011-AC-50-ELV02 | Elevador N°2 | 1 | 1 | 3 | 1 | 6 | CLASE C |
| 11 | 7011-AC-50-SILO1 | Silo de almacenamiento | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | CLASE C |
| 12 | 7011-AC-50-TPT01 | Sinfin N°2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | CLASE C |
| 13 | 7011-AC-50-TPT03 | Sinfin N°3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | CLASE C |
| 14 | 7011-AC-50-TPT04 | Sinfin N°4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | CLASE C |
| 15 | 7011-AC-50-TPT08 | Sinfin N°8 | 1 | 1 | 3 | 1 | 6 | CLASE C |
| 16 | 7011-AC-50-TPT09 | Sinfin N°9 | 1 | 1 | 3 | 1 | 6 | CLASE C |
| 17 | 7011-AC-50-TPT10 | Sinfin N°10 | 1 | 1 | 3 | 1 | 6 | CLASE C |
| 18 | 7011-AC-50-CTR04 | Transportador de banda N°4 | 1 | 1 | 5 | 1 | 8 | CLASE A |
| 19 | 7011-AC-50-ELV03 | Elevador N°3 | 1 | 1 | 5 | 3 | 10 | CLASE A |
| 20 | 7011-AC-50-PEN01 | Tamiz vibratorio | 1 | 5 | 5 | 1 | 12 | CLASE A |
| 21 | 7011-AC-50-BAS01 | Bascula empacadora A69 | 1 | 1 | 3 | 1 | 6 | CLASE C |
| 22 | 7011-AC-50-BAS02 | Bascula empacadora A68 | 1 | 1 | 3 | 1 | 6 | CLASE C |
| 23 | 7011-AC-50-TPT06 | Sinfin N°6 | 1 | 1 | 3 | 1 | 6 | CLASE C |
| 24 | 7011-AC-50-TPT07 | Sinfin N°7 | 1 | 1 | 3 | 1 | 6 | CLASE C |
| 25 | 7011-AC-50-CTR05 | Transportador de banda N°5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | CLASE C |
| 26 | 7011-AC-50-DPU01 | Filtro de mangas N°1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 6 | CLASE C |
| 27 | 7011-AC-50-DPU02 | Filtro de mangas N°2 | 3 | 1 | 1 | 1 | 6 | CLASE C |
| 28 | 7011-AC-50-DPU03 | Filtro de mangas N°3 | 3 | 1 | 1 | 1 | 6 | CLASE C |
| 29 | 7011-AC-50-DPU04 | Filtro de mangas N°4 | 3 | 1 | 1 | 1 | 6 | CLASE C |
| 30 | 7011-AC-50-DPU05 | Filtro de mangas N°5 | 3 | 1 | 1 | 1 | 6 | CLASE C |

Anexo C: AMFE sistema de molienda planta fertilizantes

| AMFE - SISTEMA DE MOLIENDA PLANTA FERTILIZANTES. | | | | | | | | |
|--|-------------|-----------|---|------------|---------|--|---|---|
| SISTEMA | SUB SISTEMA | FUNCIÓN F | FALLA FUNCIONAL FF | ISO 1422 4 | ÍTEM MF | MODOS DE FALLA | EFFECTOS DE FALLA | CONSECUENCIAS |
| | | | A. Suministra escoria con granulometría mayor a 7 mm. | PDE | 1 | Mallas de zarandas en mal estado | Salida de escoria del molino con granulometría mayor a 7 mm. Se debe intervenir molino para verificar condiciones de mallas. Parada no programada de 6 horas. | Retraso de la segunda molienda, pérdida de producción de 5 ton/h e impacto de disponibilidad para empacado. |
| | | | | NOI | 2 | Ruido anormal en el molino | Se debe verificar si existen placas de blindaje desprendidas y girando junto con los cuerpos molidores y el material a moler. | Parada en el molino para revisar y cambiar placas desprendidas. |
| | | | | PDE | 3 | Incremento de material rechazado por el circuito en un 20% | | |
| | | | | ELP | 4 | Caída de cuerpos molidores a la banda de recirculación. | Rejilla desplazada o con fractura. Parada no programada de 3 horas para revisar estado de la rejilla de salida y palanquillas de soporte. | Parada del sistema de molienda y la pérdida de 5 ton/h. de abono fosfórico para empaque o almacenamiento. |
| | | | | PDE | 5 | Disminución de un 20% de salida de escoria para segunda molienda. | | |
| | | | B. No suministra escoria | FTS | 6 | Molino no arranca | Lubricante en mal estado, contaminado con material de molienda. | Parada del sistema del molienda durante 10 horas, para limpieza de lubricante en mal estado y hermetizar la corona. |
| | | | | | | | Freno mecánico es el sistema de transmisión potencia, se identifica ruido extraño y disparo de protección. | Se debe parar molienda, verificar sistema mecánico parada en producción entre durante tres horas aproximadamente. |
| | | | | FTS | 7 | Motor no arranca | Disparo de protección eléctrica de sobre corriente | Se identifica freno mecánico lo cual hace que se deba intervenir o verificar el sistema de transmisión mecánica. |
| | | | | | | | El motor presenta recalentamiento en la carcasa. Por encima de 80 grados Celsius. Se debe verificar que protección actuó. | Según disparo de protección eléctrica se debe realizar medición de aislamiento y verificar estado de borneras. Parada de molienda cerca de tres horas. |
| | | | | AOH | 8 | Disparo de protección eléctrica | Sobre corriente. Alarma visual en protección acometida desde el tablero Alstom. No permite rearme y motor con alta temperatura superior a 80 grados Celsius. | Posible fallo de motor o acometida. Se debe desconectar y proceder a realizar mediciones de aislamiento y a su vez verificar estado de conexiones en tablero y motor. Parada de molienda durante 4 horas. |
| | | | | AOH | 9 | Molino arranca y se va al fallo | Sobre corriente en el motor, provocando el disparo de la protección eléctrica, se realiza rearme y se dispara protección nuevamente. | Verificar fallo en el motor o sistema de transmisión de potencia o lubricante en mal estado. Parada en molienda durante cuatro horas. |
| | | | | OTH | 10 | Tren motriz gira, pero el molino no lo hace. | No hay contacto entre piñón de ataque y corona. Desalineamiento del conjunto motriz o desgaste o fractura en los dientes de la corona o piñón. | Paro del sistema de molienda, verificar condición de contacto entre conjuntos y estado de los dientes del piñón o la corona. Pérdida de producción durante 12 Horas. |
| | | | | OTH | 11 | No existe flujo de lubricante hacia las chumaceras principales. | Obstrucción en la tubería de lubricación Filtros de lubricación tapados. Bomba de lubricación no bombea. Motor de la bomba no enciende. | Parada del molino para verificar estado de tuberías, filtro, bomba y motor de lubricación. Parada del molino durante 5 horas. |
| | | | | OTH | 12 | No existe flujo de agua de refrigeración hacia las chumaceras principales. | Obstrucción de la tubería o fallo en el suministro de agua industrial. | Parada del molino para verificar tubería y suministro de agua industrial, se debe contactar al supervisor del taller de tuberías. |

1
·
M
O
L
I
N
O
N
°
1

1. Suministrar escoria con granulometría menor a 7mm. Para segunda molienda a razón de 5 ton /h.

AMFE - SISTEMA DE MOLIENDA PLANTA FERTILIZANTES.

| SISTEMA | SUB SISTEMA | FUNCIÓN F | FALLA FUNCIONAL FF | ISO 1422 4 | ITEM MF | MODOS DE FALLA | EFFECTOS DE FALLA | CONSECUENCIAS | | |
|--|-------------|-----------|--|------------|---------|---|--|--|---|---|
| S I S T E M A D E M O L I E N D A F E R T I L I Z A N T E S | | | C. El molino produce menos de 5 t/h | PDE | 13 | Salida de escoria con granulometría menor a 7mm. Por la banda de recirculación. | Acumulación de material en la parte interna de la carcasa externa. | Parada del molino para hacer aseo al interior de la carcasa externa, con un tiempo de perdida de producción de 6 horas. | | |
| | | | | AIR | 14 | El molino gira a unas revoluciones menores a las normales y alto consumo de energía. (cuanto) | Lubricante de la corona contaminado, provocando una reducción en las RPM del molino. | Parada en sistema de molienda para evacuar parte del lubricante contaminado. | | |
| | | | | PLU | 15 | Se dispara protección banda transportadora de entrada de escoria al molino. | Acumulación de material en el tambor de cola provocando el frenado de la banda. | Inspección y limpieza del tambor de cola. Parada del molino durante 2 horas para evacuación de material del sótano de las orugas. | | |
| | | | | | | | Disparo de la protección eléctrica por sobre corriente en el motor de la banda. | Se debe realizar medición de aislamiento y verificar estado de borneras. Parada de molienda durante 1 hora. | | |
| | | | | PLU | 16 | Se dispara protección banda transportadora de recirculación. | Acumulación de material en el tambor de cola provocando el frenado de la banda. | Inspección y limpieza del tambor de cola. Parada del molino durante 1 hora para evacuación de material. | | |
| | | | | | | | Disparo de la protección eléctrica por sobre corriente en el motor de la banda. | Se debe realizar medición de aislamiento y verificar estado de borneras. Parada de molienda durante 1 hora. | | |
| | | | | IHT | 17 | Recalentamiento de chumaceras auxiliares | Bajo nivel de lubricante en las chumaceras auxiliares. | Parada en el sistema de molienda durante 20 min. Para reabastecimiento de lubricante y puesta de aire para refrigeración de las chumaceras auxiliares. | | |
| | | | | VIB | 18 | Vibración excesiva de la carcasa externa. | Ruptura de uno o mas espárragos de los soportes de las zarandas lado entrada. | Parada del molino para retirar tapa de inspección y verificar estado de espárragos lado entrada. | | |
| | | | | OTH | 19 | Falta de escoria en las tolvas de recibo. | No ingresa escoria al molino a través de la banda de alimentación. | Parada en el sistema de molienda por 1 hora mientras se abastecen las tolvas con escoria para moler | | |
| | | | | PDE | 20 | Salida de cuerpos moleadores con un diámetro de aproximadamente 1 in a la banda de recirculación. | Verificación del desgaste o ruptura de los cuerpos moleadores, aumentando el tiempo de molienda. | Parada por 16 horas del sistema de molienda para la clasificación y reabastecimiento de los cuerpos moleadores. | | |
| | | | D. Molino no retiene el 100% de la escoria en su interior. | ELP | 21 | Salida de escoria por la culata de entrada. | Tomillos de sujeción de placas de la culata de entrada fracturados o sueltos. | Paro del molino para revisión, ajuste o cambio de tomillos en mal estado de la culata. | | |
| | | | | | | | | Compuerta de inspección suelta o factura de la carcasa exterior. | Parada del molino para verificar torque de los tomillos de la compuerta de inspección y grietas o fracturas de la carcasa exterior. | |
| | | | | | | | | | Deterioro de la banda 3 lonas que sirve como sello entre el cilindro interno y la carcasa externa del molino | Parada en el sistema de molienda para verificar el estado de las bandas de hermetizarían del molino |
| | | | | | | | | | | |

AMFE - SISTEMA DE MOLIENDA PLANTA FERTILIZANTES.

| SISTEMA | SUB SISTEMA | FUNCIÓN F | FALLA FUNCIONAL FF | ISO 1422 4 | ITEM MF | MODOS DE FALLA | EFFECTOS DE FALLA | CONSECUENCIAS | | |
|---------|--|--|---|--|--|--|---|---|---|---|
| | 2 · M O L I N O · 2 | 2. Suministrar escoria con granulometría menor a 3.5 mm a razón de 5 ton/h. Para el sistema de embalaje. | A. Suministra escoria con granulometría mayor a 3.5 mm. | PDE | 25 | Rejilla de salida fracturada. | Salida de abono fosfórico con granulometría mayor a 3.5 mm. Parada del sistema de molienda por 3 horas para verificar estado del a rejilla de salida. | Pérdida de 5 ton/h. de abono fosfórico para empaque o almacenamiento. | | |
| | | | | ELP | 26 | Caída de cuerpos molidores al sótano del elevador. | Rejilla de salida fisurada permitiendo salida de molidores y escoria con granulometría mayor a 3.5mm. | | | |
| | | | B. No suministra escoria a razón de 5 ton/h | FTS | 27 | Molino no arranca | | | Lubricante en mal estado, contaminado con material de molienda. | Parada del sistema de molienda durante 10 horas, para limpieza de lubricante en mal estado y hermetizar la corona. |
| | | | | | | | | | Freno mecánico es el sistema de transmisión potencia, se identifica ruido extraño y disparo de protección. | Se debe parar molienda, verificar sistema mecánico parada en producción entre durante tres horas aproximadamente. |
| | | | | FTS | 28 | Motor no arranca | | | Disparo de protección eléctrica de sobre corriente | Se identifica freno mecánico lo cual hace que se deba intervenir o verificar el sistema de transmisión mecánica. |
| | | | | | | | | | El motor presenta recalentamiento en la carcasa. Por encima de 80 grados Celsius. Se debe verificar que protección actuó. | Según disparo de protección eléctrica se debe realizar medición de aislamiento y verificar estado de borneras. Parada de molienda cerca de tres horas. |
| | | | | AOH | 29 | Disparo de protección eléctrica | | | Sobre corriente. Alarma visual en protección acometida desde el tablero Alsthom. No permite rearme y motor con alta temperatura superior a 80 grados Celsius. | Posible fallo de motor o acometida. Se debe desconectar y proceder a realizar mediciones de aislamiento y a su vez verificar estado de conexiones en tablero y motor. Parada de molienda durante 4 horas. |
| | | | | AOH | 30 | Molino arranca y se va al fallo | | | Sobre corriente en el motor, provocando el disparo de la protección eléctrica, se realiza rearme y se dispara protección nuevamente. | Verificar fallo en el motor o sistema de transmisión de potencia o lubricante en mal estado. Parada en molienda durante cuatro horas. |
| | | | | OTH | 31 | Tren motriz gira, pero el molino no lo hace. | | | No hay contacto entre piñón de ataque y corona. Des alineamiento del conjunto motriz o desgaste o fractura en los dientes de la corona o piñón. | Paro del sistema de molienda, verificar condición de contacto entre conjuntos y estado de los dientes del piñón o la corona. Pérdida de producción durante 12 Horas. |
| | | | | OTH | 32 | No existe flujo de lubricante hacia las chumaceras principales. | | | Obstrucción en la tubería de lubricación | Parada del molino para verificar estado de tuberías, filtro, bomba y motor de lubricación. |
| | | | | | | | | | Filtros de lubricación tapados. | |
| | | | | | | | | | Bomba de lubricación no bombea. Motor de la bomba no enciende. | |
| | | | | OTH | 33 | No existe flujo de agua de refrigeración hacia las chumaceras principales. | | | Obstrucción de la tubería o fallo en el suministro de agua industrial. | Para del molino para verificar tubería y suministro de agua industrial. |
| | | | | PDE | 34 | Salida de cuerpos molidores con un diámetro de aproximadamente 1/2 in al sótano del elevador. | | | Verificación del desgaste o ruptura de los cuerpos molidores, aumentando el tiempo de molienda. | Parada por 16 horas del sistema de molienda para la clasificación y reabastecimiento de los cuerpos molidores. |
| | | | | C. Molino no retiene el 100% de la escoria en su interior. | OTH | 35 | Salida de escoria por la culata de entrada. | | | Tornillos de sujeción de placas de la culata de entrada fracturados o sueltos. |
| ELP | 36 | Escape de escoria por el cuerpo del molino. | | | Tornillos de las compuertas de inspección sueltos. Tornillos de sujeción de placas de la culata de entrada fracturados o sueltos. | Parada del molino para verificar torque de los tornillos de la compuerta de inspección y grietas o fracturas de la carcasa exterior. | | | | |

Anexo D: Hoja de decisión AMFE planta fertilizantes

| HOJA DE DECISIÓN RCM - SISTEMA DE MOLIENDA FERTILIZANTES. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----|-----------------------------|----|----|----|----|----|----------|----|----|----|-------------------|--|---|---------------------------|-----------------------|---------------------------------------|--------------------|------------------|----|
| REFERENCIA DE INFORMACIÓN N. | | EVALUACIÓN DE CONSECUENCIAS | | | | | | H1 H2 H3 | | | | TAREAS A FALTA DE | | | | TAREAS PROPUESTAS | TIPO DE MANTENIMIENTO | FRECUENCIA INICIAL | REALIZA LA TAREA | HH |
| | | H | S | E | O | N1 | N2 | N3 | H4 | H5 | S4 | O1 | O2 | O3 | MF | | | | | |
| F | FF | MF | H | S | E | O | N1 | N2 | N3 | H4 | H5 | S4 | MF | TAREAS PROPUESTAS | TIPO DE MANTENIMIENTO | FRECUENCIA INICIAL | REALIZA LA TAREA | HH | | |
| 1 | A | 1 | NO | NO | NO | NO | SI | NO | NO | | | | Mallas de zarandas en mal estado | Realizar inspección visual de las zarandas. | Mantenimiento preventivo. | Mensual. | Mecánicos. | 3 | | |
| 1 | A | 2 | SI | NO | NO | SI | SI | NO | NO | | | | Ruido anormal en el molino | Realizar inspección de placas de blindaje. | Mantenimiento preventivo. | Mensual. | Mecánicos. | 2 | | |
| 1 | A | 3 | SI | NO | NO | SI | SI | NO | NO | | | | Incremento de material rechazado por el circuito en un 20% | Realizar inspección de la rejilla de salida. | Mantenimiento preventivo. | Dos veces por semana. | Soldador. | 2 | | |
| 1 | A | 4 | SI | NO | NO | SI | SI | NO | NO | | | | Caída de cuerpos molidores a la banda de recirculación. | Reparación de rejilla de salida y palanquillas de soporte. | Mantenimiento correctivo. | Semanal | Soldador. | 3 | | |
| 1 | A | 5 | SI | NO | NO | SI | SI | NO | NO | | | | Disminución de un 20% de salida de escoria para segunda molienda. | Inspección de la rejilla de salida y de la acumulación de material en la parte interna de la carcasa externa. | Mantenimiento correctivo. | Trimestral. | Auxiliares operativos. | 5 | | |
| 1 | B | 6 | SI | NO | NO | SI | SI | NO | NO | | | | Molino no arranca | Inspección del sistema motriz y estado del lubricante. | Mantenimiento preventivo. | Bimestral. | Mecánicos, Eléctricos y lubricadores. | 3 | | |
| 1 | B | 7 | SI | NO | NO | SI | SI | NO | NO | | | | Motor no arranca | Inspección de cableado, borneras y escobillas. | Mantenimiento preventivo. | Mensual. | Eléctricos. | 2 | | |
| 1 | B | 8 | SI | NO | NO | SI | SI | NO | NO | | | | Disparo de protección eléctrica | Inspección del estado del lubricante de la corona y motor principal. | Mantenimiento preventivo. | Bimestral. | Lubricadores y Eléctricos. | 1 | | |
| 1 | B | 9 | SI | NO | NO | SI | SI | NO | NO | | | | Molino arranca y se va al fallo | Inspección del sistema motriz y estado del lubricante. | Mantenimiento correctivo. | Trimestral. | Mecánicos, Eléctricos y lubricadores. | 3 | | |
| 1 | B | 10 | SI | NO | NO | SI | SI | NO | NO | | | | Tren motriz gira, pero el molino no lo hace. | Inspección del contacto entre el piñón y la corona | Mantenimiento preventivo. | Trimestral. | Mecánicos. | 1 | | |
| 1 | B | 11 | NO | NO | NO | NO | SI | NO | NO | | | | No existe flujo de lubricante hacia las chumaceras principales. | Inspección de motor, bomba, filtros y tubería de lubricación. | Mantenimiento correctivo. | Bimestral. | Mecánicos, Eléctricos y lubricadores. | 4 | | |
| 1 | B | 12 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | No existe flujo de agua de refrigeración hacia las chumaceras principales. | Inspección de suministro de agua industrial y tubería de refrigeración. | Mantenimiento correctivo. | Semestral. | Mecánicos. | 3 | | |
| 1 | C | 13 | SI | NO | NO | NO | SI | NO | NO | | | | Salida de escoria con granulometría menor a 7mm. Por la banda de recirculación. | Realizar limpieza interna de la carcasa externa. | Mantenimiento correctivo. | Semestral. | Auxiliares operativos. | 5 | | |
| 1 | C | 14 | SI | NO | SI | NO | SI | NO | NO | | | | El molino gira a unas revoluciones menores a las normales y alto consumo de energía. | Evacuar lubricante contaminado de la carcasa de la corona. | Mantenimiento correctivo. | Semestral. | Mecánicos. | 7 | | |
| 1 | C | 15 | SI | NO | NO | SI | SI | NO | NO | | | | Se dispara protección banda transportadora de entrada de escoria al molino. | Inspección y limpieza del tambor de cola. | Mantenimiento correctivo. | Semanal. | Auxiliares operativos. | 2 | | |
| 1 | C | 16 | SI | NO | NO | SI | SI | NO | NO | | | | Se dispara protección banda transportadora de recirculación. | Inspección y limpieza del tambor de cola. | Mantenimiento correctivo. | Semanal. | Auxiliares operativos. | 2 | | |
| 1 | C | 17 | NO | NO | NO | NO | SI | NO | NO | | | | Recalentamiento de chumaceras auxiliares | Inspección de el nivel de lubricante y poner refrigeración a las chumaceras. | Mantenimiento preventivo. | Una vez por turno. | Lubricadores. | 0,3 | | |
| 1 | C | 18 | SI | NO | NO | NO | SI | NO | NO | | | | Vibración excesiva de la carcasa externa. | Inspección de espárragos de los soportes de las zarandas. | Mantenimiento preventivo. | Trimestral. | Mecánicos. | 3 | | |

HOJA DE DECISIÓN RCM - SISTEMA DE MOLIENDA FERTILIZANTES.

| REFERENCIA DE INFORMACIÓN N. | EVALUACIÓN DE CONSECUENCIAS | | | | | | | H1 | H2 | H3 | TAREAS A FALTA DE | | | | MF | TAREAS PROPUESTAS | TIPO DE MANTENIMIENTO | FRECUENCIA INICIAL | REALIZA LA TAREA | HH | | |
|------------------------------|-----------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------------|----|----|--|--|---------------------------|-----------------------|---------------------------------------|------------------|----|----|----|
| | | | | | | | | S1 | S2 | S3 | O1 | O2 | O3 | H4 | | | | | | | H5 | S4 |
| | | | | | | | | O1 | O2 | O3 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | F | FF | MF | H | S | E | O | | | | | | | N1 | N2 |
| 1 | C | 19 | SI | NO | NO | NO | NO | SI | NO | | | | | Falta de escoria en las tolvas de recibo. | Realizar cargue de las tolvas de recibo cada 3 horas o según demanda. | Mantenimiento preventivo. | Cada tres horas. | Moliner. | 0,5 | | | |
| 1 | C | 20 | SI | NO | NO | NO | SI | NO | NO | | | | | Salida de cuerpos molidores con un diametro de aproximadamente 1 in de diametro a la banda de recirculacion. | Realizar clasificacion y reabastecimiento de cuerpos molidores. | Mantenimiento preventivo. | Semestral. | Mecánicos. | 16 | | | |
| 1 | D | 21 | SI | NO | NO | NO | NO | SI | NO | | | | | Salida de escoria por la culata de entrada. | Inspección y cambio de tornilleria fracturada de la culata de entrada. | Mantenimiento preventivo. | Semanal. | Mecánicos. | 2 | | | |
| 1 | D | 22 | SI | NO | NO | NO | NO | SI | NO | | | | | Escape de escoria por el cuerpo del molino. | Inspección de la carcasa del molino y torque de los tornillos de la compuerta de inspección | Mantenimiento preventivo. | Semestral. | Mecánicos. | 2 | | | |
| 1 | D | 23 | SI | NO | NO | NO | NO | SI | NO | | | | | Escape de escoria por la carcasa exterior lado entrada. | Inspección de la banda tres lonas de hermetización | Mantenimiento preventivo. | Quincenal. | Mecánicos. | 1 | | | |
| 1 | D | 24 | SI | NO | NO | NO | NO | SI | NO | | | | | Escape de escoria por la carcasa exterior lado salida. | Inspección de la banda tres lonas de hermetización | Mantenimiento preventivo. | Quincenal. | Mecánicos. | 1 | | | |
| 2 | A | 25 | NO | NO | NO | NO | SI | NO | NO | | | | | Rejilla de salida fracturada. | Reparación de rejilla de salida. | Mantenimiento correctivo. | Trimestral. | Mecánico/Soldador. | 3 | | | |
| 2 | A | 26 | SI | NO | NO | SI | SI | NO | NO | | | | | Caida de cuerpos molidores al sótano del elevador. | Reparación de rejilla de salida y reingreso de los cuerpos molidores al molino. | Mantenimiento correctivo. | Trimestral. | Mecánico/Soldador. | 4 | | | |
| 2 | B | 27 | SI | NO | NO | SI | SI | NO | NO | | | | | Molino no arranca | Inspección del sistema motriz y estado del lubricante. | Mantenimiento preventivo. | Bimestral. | Mecánicos, Eléctricos y lubricadores. | 3 | | | |
| 2 | B | 28 | SI | NO | NO | SI | SI | NO | NO | | | | | Motor no arranca | Inspección de cableado, borneras y escobillas. | Mantenimiento preventivo. | Mensual. | Eléctricos. | 2 | | | |
| 2 | B | 29 | SI | NO | NO | SI | SI | NO | NO | | | | | Disparo de protección eléctrica | Inspección del estado del lubricante de la corona y motor principal. | Mantenimiento preventivo. | Bimestral. | Lubricadores y Eléctricos. | 1 | | | |
| 2 | B | 30 | SI | NO | NO | SI | SI | NO | NO | | | | | Molino arranca y se va al fallo | Inspección del sistema motriz y estado del lubricante. | Mantenimiento correctivo. | Trimestral. | Mecánicos, Eléctricos y lubricadores. | 3 | | | |
| 2 | B | 31 | SI | NO | NO | SI | SI | NO | NO | | | | | Tren motriz gira, pero el molino no lo hace. | Inspección del contacto entre el piñón y la corona | Mantenimiento preventivo. | Trimestral. | Mecánicos. | 1 | | | |
| 2 | B | 32 | NO | NO | NO | NO | SI | NO | NO | | | | | No existe flujo de lubricante hacia las chumaceras principales. | Inspección de motor, bomba, filtros y tubería de lubricación. | Mantenimiento correctivo. | Bimestral. | Mecánicos, Eléctricos y lubricadores. | 4 | | | |
| 2 | B | 33 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | No existe flujo de agua de refrigeración hacia las chumaceras principales. | Inspección de suministro de agua industrial y tubería de refrigeración. | Mantenimiento correctivo. | Semestral. | Mecánicos. | 3 | | | |
| 2 | B | 34 | SI | NO | NO | NO | SI | NO | NO | | | | | Salida de cuerpos molidores con un diametro de aproximadamente 1/2 in de diametro al sotano del elevador. | Realizar clasificacion y reabastecimiento de cuerpos molidores. | Mantenimiento preventivo. | Semestral. | Mecánicos. | 16 | | | |
| 2 | C | 35 | SI | NO | NO | NO | NO | SI | NO | | | | | Salida de escoria por la culata de entrada. | Inspección de los tornillos de sujeción de las placas de la culata de entrada. | Mantenimiento preventivo. | Semanal. | Mecánicos. | 0,5 | | | |
| 2 | C | 36 | SI | NO | NO | NO | NO | SI | NO | | | | | Escape de escoria por el cuerpo del molino. | Inspección de la carcasa del molino, torque de los tornillos de la compuerta de inspección y de los tornillos porta placa. | Mantenimiento preventivo. | Semestral. | Mecánicos. | 2 | | | |

