

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

Escuela de Ingeniería Electromecánica



CEMEX Costa Rica

Planta Colorado

“Actualización de la gestión del mantenimiento en secciones de crudo y horno en la planta CEMEX Colorado de Abangares.”

Informe de Práctica de Especialidad para optar por el Título de Ingeniero(a) en Mantenimiento Industrial, grado Licenciatura.

Gustavo Alonso Mayorga Lamas

Cartago, noviembre 2016

Profesor guía: Ing. Juan Pablo Arias Cartín

Asesor industrial: Ing. Víctor Julio Navarro Flores

Tribunal examinador: Ing. Luis Gómez Gutiérrez

Ing. Carlos Piedra Santamaría

INFORMACIÓN DEL ESTUDIANTE

Nombre: Gustavo Alonso Mayorga Lamas

Cédula: 503870093

Carné ITCR: 201013759

Dirección de su residencia en época lectiva: Ciudadela CEMEX, Colorado de Abangares.

Dirección de su residencia en época no lectiva: Bagaces, Guanacaste.

Teléfono: (+506) 8432-2556

Email: alonsoml92@gmail.com

INFORMACIÓN DEL PROYECTO:

Nombre del Proyecto: Actualización de la gestión del mantenimiento en secciones de crudo y horno en la planta CEMEX Colorado de Abangares.

Profesor Asesor: Juan Pablo Arias Cartín

Horario de trabajo del estudiante: Lunes a jueves: 8:00 a.m. – 5:00 p.m., viernes: 7:00 a.m. – 4:00 p.m.

INFORMACIÓN DE LA EMPRESA:

Nombre: CEMEX Costa Rica, Planta Colorado.

Zona: Colorado de Abangares.

Dirección: Guanacaste, Costa Rica, Colorado de Abangares, de la intercepción en Limonal 27 km carretera hacia el Puente de La Amistad.

Teléfono: 2678-0215

Fax: 2678- 0033

Actividad Principal: Construcción, venta de cemento, morteros y agregados.

DEDICATORIA

A Dios por haberme dado fuerzas y voluntad para terminar mis estudios, por haber proveído aún en los momentos difíciles, sin él nada de esto sería posible. A mi mamá porque siempre me inculcó los mejores valores y me enseñó a dar lo mejor de mí en todo lo que haga, para que hoy llegue a ser una persona de bien. A mi papá que siempre me apoyó en mis estudios y nos motivó a salir adelante, a pesar de las circunstancias. A mis amigos que forman parte de mi vida y siempre han sido un apoyo para mí, en momentos difíciles.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Ingeniero Víctor Navarro por la confianza depositada y las facilidades que me brindó para la realización de este proyecto, a las personas que hicieron que mi estancia en CEMEX fuera placentera y de gran crecimiento profesional. A mis profesores quienes a lo largo de la carrera más que enseñar, dieron grandes lecciones de vida que me fortalecieron como profesional y persona.

TABLA DE CONTENIDO

Resumen.....	1
Abstract.....	2
CAPITULO 1. Introducción	3
1.1 Objetivo general	4
1.2 Objetivos específicos	4
1.3 Reseña de la empresa	5
1.3.1 Descripción general.....	5
1.4 Ubicación de las operaciones en el país.....	7
1.5 Productos:	8
1.6 Perfil de la compañía.....	10
1.6.1 Misión	10
1.6.2 Cultura y Valores	10
1.7 Organigrama general de CEMEX Costa Rica	11
1.8 Organigrama del departamento de mantenimiento	12
1.9 Descripción general del proceso productivo.....	13
1.10 Metodología	15
1.11 Distribución de la planta por secciones.....	18
CAPITULO 2. Evaluación del mantenimiento	20
2.1 Justificación.....	20
2.2 COVENIN 3049: Mantenimiento, definiciones.....	20
2.2.1 Tipos de mantenimiento	20

2.2.2	Tipos de fallas	22
2.3	COVENIN 2500: Manual para evaluar sistemas de mantenimiento	23
2.4	Resultados de la evaluación	24
2.5	Interpretación de los datos	27
2.4.	Área I. Organización de la empresa	28
2.5.1	Área II. Organización de mantenimiento.....	28
2.5.2	Área III. Planificación del mantenimiento.....	29
2.5.3	Área IV. Mantenimiento rutinario	29
2.5.4	Área V. Mantenimiento programado	30
2.5.5	Área VI. Mantenimiento circunstancial.....	31
2.5.6	Área VII. Mantenimiento correctivo	31
2.5.7	Área VIII. Mantenimiento preventivo.....	32
2.5.8	Área IX. Mantenimiento por avería	33
2.5.9	Área X. Personal de mantenimiento	33
2.5.10	Área XI. Apoyo Logístico	34
2.5.11	Área XII. Recursos.....	34
CAPITULO 3.	Estudio de la gestión del mantenimiento	35
3.1	Gestión del mantenimiento correctivo.	35
3.1.1	Gestión del mantenimiento preventivo.....	39
CAPITULO 4.	Análisis de Criticidad en secciones de crudo y horno	42
4.1	Criticidad total por riesgo (CTR).....	45
4.2	Resultados de análisis de criticidad a equipos seleccionados	48

CAPITULO 5. Optimización del mantenimiento	50
5.1 Planned Maintenance Optimization (PMO)	51
5.1.1 Comparación de RCM y PMO	53
5.1.2 Diferencias.....	55
5.1.3 Análisis de los modos de falla.	57
5.2 Metodología PMO	59
5.2.1 Paso 1. Recopilación de tareas	59
5.2.2 Paso 2. Análisis de Modos de Falla.....	60
5.2.3 Paso 3. Racionalización y revisión de los Modos de Falla	61
5.2.4 Paso 4. Análisis funcional.....	62
5.2.5 Paso 5. Evaluación de consecuencias.	63
5.2.6 Paso 6. Definición de las políticas de mantenimiento.....	64
5.2.7 Paso 7. Agrupación y revisión	65
5.2.8 Paso 8. Aprobación e implementación	65
5.2.9 Paso 9. Programa dinámico	65
CAPITULO 6. Resultados de PMO.....	66
6.1 Optimización en sección de molienda de crudo	67
6.1.1 Molino de Crudo	67
6.1.2 Motor principal molino de crudo.....	69
6.1.3 Reductor principal del molino de crudo.....	70
6.1.4 Motor auxiliar del molino de crudo	71
6.1.5 Sistema de lubricación del reductor principal	72

6.2 Optimización en sección de Horno.....	73
6.2.1 Motor principal del horno	73
6.2.2 Motor auxiliar de combustión del horno	74
6.2.3 Transmisores de presión, temperatura en sección de horno.....	75
CAPITULO 7. Análisis económico	76
7.1 Ahorros en sección de molienda	76
7.2 Ahorros en sección de horno	77
7.3 Recuperación del proyecto.....	79
Conclusiones	80
Recomendaciones	81
Bibliografía	82
Apendices	84

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.3.1. Distribución de operaciones CEMEX en Costa Rica.	6
Tabla 1.10.1. Actividades por realizar en el proyecto	16
Tabla 1.11.1. Secciones del proceso en CEMEX Planta Colorado	18
Tabla 3.1.1. Averías en secciones.....	35
Tabla 3.1.2. Distribución del mantenimiento preventivo ejecutado	39
Tabla 3.1.1. Descripción de las secciones analizadas.....	42
Tabla 4.1.1. Valor de factores por evaluar en análisis de criticidad	46
Tabla 4.2.1. Resultados del análisis de criticidad total por riesgo CTR.	48
Tabla 4.2.2. Jerarquización de los activos analizados.....	49
Tabla 5.1.1. Comparación entre RCM y PMO	54
Tabla 5.1.2. Diferencias de metodología entre RCM y PMO	55
Tabla 5.2.1. Ilustración del análisis de modos de falla.....	60
Tabla 5.2.2. Ilustración del paso 3.....	61
Tabla 5.2.3. Ilustración del paso 4.....	62
Tabla 5.2.4. Ilustración del paso 5	63
Tabla 5.2.5. Ilustración del paso 6	64
Tabla 5.2.1. Equipo de trabajo.....	66
Tabla 6.1.1. Resumen de actividades molino de crudo	68

Tabla 6.1.2.	Resumen de actividades del motor principal.	69
Tabla 6.1.3.	Resumen de actividades del reductor principal.	70
Tabla 6.1.4.	Resumen de actividades del motor auxiliar.	71
Tabla 6.1.5.	Resumen de actividades del sistema de lubricación	72
Tabla 6.2.1.	Resumen de actividades en el motor principal del horno	73
Tabla 6.2.2.	Resumen de actividades en el motor auxiliar de combustión.	74
Tabla 6.2.3.	Resumen de actividades en transmisores del horno.	75
Tabla 7.1.1.	Distribución de las rutinas de mantenimiento por especialidad. .	76
Tabla 7.1.2.	Ahorros por optimización de sección de molienda.....	77
Tabla 7.2.1.	Distribución de las rutinas de mantenimiento por especialidad. .	77
Tabla 7.2.2.	Ahorros por optimización de sección de molienda.....	78
Tabla 7.2.3.	Ahorro total por optimización	78

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.3.1. Vista general de la Planta Colorado.....	6
Figura 1.4.1. Ubicaciones CEMEX en Costa Rica.	7
Figura 1.5.1. Camión mixer con concreto premezclado.....	8
Figura 1.5.2. Cementos vendidos por la compañía.....	8
Figura 1.5.3. Cantera de agregados CEMEX (Imagen ilustrativa).	9
Figura 1.8.1. Organigrama del departamento de mantenimiento en la planta de Colorado.	12
Figura 2.4.1. Hoja de evaluación del sistema de mantenimiento en CEMEX. Hoja 1.....	25
Figura 2.4.2. Hoja de evaluación del sistema de mantenimiento en CEMEX. Hoja 2.....	26
Figura 2.5.1. Representación gráfica de los porcentajes obtenidos por área. .	27
Figura 3.1.1. Análisis de Pareto de averías en secciones.....	36
Figura 3.1.2. Representación porcentual de los costos generados de averías en las secciones.....	37
Figura 3.1.3. Gráfica comparativa de averías y costos	38
Figura 3.1.4. Actividades de mantenimiento en secciones de crudo y horno...40	
Figura 3.1.5. Costos del mantenimiento preventivo en Planta Colorado.	41
Figura 3.1.1. Modelo de Gestión de Mantenimiento (MGM)	43

Figura 4.1.1. Matriz de Criticidad Total por Riesgo	47
Figura 5.1.1. Ciclo vicioso del mantenimiento	52
Figura 5.1.2. Ilustración de los resultados obtenidos con PMO.	53
Figura 5.1.3. Beneficios de PMO	56
Figura 5.1.4. Comparación de resultados entre RCM y PMO.	57
Figura 5.2.1. Fuentes de información del mantenimiento preventivo.	59
Figura 6.1.1. Molino vertical de rodillos. Imagen con fines ilustrativos.	68
Figura 6.1.2. Motor principal molino.	69
Figura 6.1.3. Reductor principal	70
Figura 6.1.4. Motor auxiliar del molino	71
Figura 6.1.5. Sistema de lubricación del reductor principal del molino.	72

RESUMEN

En la actualidad las grandes compañías y aún las Pymes han tratado de mejorar sus procesos e incrementar sus utilidades, mediante una buena gestión del mantenimiento. Desde hace algunos años, se ha dejado de ver al Departamento de mantenimiento como los encargados de atender las averías, sino como un ente encargado de velar por el cumplimiento de los objetivos de la compañía, al implementar una buena gestión y uso adecuado de los activos físicos.

De tal realidad, CEMEX es consciente por lo cual se le conoce como una de las empresas líderes a nivel mundial en la producción y distribución de cementos, agregados y concretos de alta calidad. Ha invertido grandes sumas de dinero en mejorar sus actividades de mantenimiento mediante la implementación de prácticas de mantenimiento de clase mundial. Sin embargo, no es un secreto que un programa de mantenimiento debe ser dinámico, es decir, mantenerse en continua actualización y mejora, este es tal vez uno de los aspectos que muchas empresas han olvidado; en el caso de CEMEX, se trata de eliminar estas malas prácticas.

Para lograrlo, inició evaluando la actual gestión de mantenimiento con el propósito de encontrar posibles puntos de mejora. En segundo lugar, se planteó la jerarquización de los activos considerados críticos para la compañía, de esta forma tener criterios para la toma de decisiones y establecer las políticas de mantenimiento, lo cual permite evaluar si existe justificación para intervenir un equipo o simplemente, dejarlo fallar. Por último, se analizaron los equipos jerarquizados como críticos y se valoró si las actividades de mantenimiento actuales en el molino de crudo y horno, presentan costos eficientes; la ejecución de dichas acciones permiten reducir en un 15% los costos por mantenimiento preventivo en estos equipos, en consecuencia, aumenta la productividad y las utilidades, se produce más, con menos recursos.

Palabras clave: Gestión del mantenimiento, Auditoría de mantenimiento, Análisis de Criticidad, Optimización del mantenimiento, PMO.

ABSTRACT

Now a days, large companies or even SMEs have tried to improve their processes and increase their profits through a good maintenance management, since many years maintenance has been stopped seeing as a department responsible for dealing with faults, to be entities responsible for ensuring that the objectives of the companies are met, through good management and good use of assets. Being aware of this, CEMEX one of the leaders worldwide in the production and distribution of high-quality cement, aggregates and concrete, has invested large sums of money for the improvement of their maintenance activities through the implementation of world class maintenance practices. However, it is not a secret that a maintenance program should be dynamic, i.e kept constantly updated and improved continuously, this is perhaps one of the aspects that many companies have forgotten; CEMEX seeks to eliminate these malpractices.

To achieve this, first was important to evaluate the current maintenance management to find possible improvement points. As a second step, was established the hierarchy of assets considered critical for the company, in order to have fundamentals in making decisions and establishing maintenance policies, allowing to assess, if there is justification for repair an asset or just let it fail. Finally, equipment were analyzed according to hierarchy of assets considered critical; were evaluated if current maintenance activities are cost efficient; identifying this, was possible to obtain a 15% reduction in the costs of preventive maintenance in these equipments, which, as a consequence, increases productivity and profits, allowing to produce more, with less resources.

Keywords: Maintenance Management, Maintenance Audit, Assets hierarchy, Criticality Analysis, Maintenance optimization, PMO.

CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto tiene como fin, realizar un estudio de la gestión del mantenimiento en CEMEX Planta Colorado. Como punto de partida se evaluarán los aspectos básicos que deben existir en una empresa para que el mantenimiento sea un departamento estratégico, conjuntamente con el de producción, encargados de velar por el cumplimiento de las metas y objetivos de la compañía. Además, se jerarquizarán los equipos más críticos aplicando el método de Criticidad Total por Riesgo que se basa en la evaluación semicuantitativa de aspectos referentes a la seguridad y medio ambiente, costos de mantenimiento, impactos en la producción y mantenibilidad de los equipos. Con esta evaluación se pretende detectar posibles puntos de mejora para la gestión del mantenimiento.

Planta Colorado cuenta con una gestión del mantenimiento consolidada gracias a la experiencia y trayectoria desde su fundación como empresa estatal CEMPA S.A, sin embargo, con las mejoras y ampliación de las operaciones en el país, además de las políticas internas de la compañía se ha requerido que los procedimientos y metas del departamento estén en constante cambio, de aquí nace la necesidad de evaluar el estado actual del mantenimiento para mejorar las prácticas y aumentar la efectividad de los equipos, la problemática se encuentra principalmente, en que muchas veces las rutinas de mantenimiento están desactualizadas, y en muchos casos, con una frecuencia excesiva; es decir, el recurso humano está dedicando tiempo valioso que podría aprovecharse en otras actividades que aumenten la productividad.

1.1 Objetivo general

Optimizar la gestión del mantenimiento preventivo, predictivo y autónomo para las secciones de crudo y horno en la empresa CEMEX en Colorado de Abangares,

1.2 Objetivos específicos

- a. Realizar una auditoría de mantenimiento para el diagnóstico del estado actual de las secciones de crudo y horno.
- b. Identificar los equipos más críticos en el proceso que afecten directamente los indicadores de la planta.
- c. Analizar los procedimientos de mantenimiento preventivo, predictivo y autónomo utilizando PMO.
- d. Actualizar los procedimientos de mantenimiento para generar datos de valor que faciliten la retroalimentación en las tareas de mantenimiento.
- e. Analizar la rentabilidad actual del departamento de mantenimiento, con miras a reducir de costos.

1.3 Reseña de la empresa

1.3.1 Descripción general

Cementos Mexicanos, CEMEX fue fundada en México en 1906. Es la tercera compañía con mayor presencia mundial en la producción y venta de cemento, concreto y agregados; pasó de ser un pequeño competidor regional a una de las compañías líderes en la industria. A mediados de los 80's, se empezó a abrir la economía de México. En ese tiempo, los productores globales de cemento ya estaban pasando por un proceso de consolidación, y algunos intentaban entrar al mercado mexicano, sin embargo, CEMEX se consolidó como una de las empresas líderes y en años siguientes, decidió ampliar sus operaciones en el resto del mundo, al adquirir las compañías cementeras regionales, fue así como ingreso al mercado costarricense.

CEMEX en Costa Rica

- a. 1999: Adquisición del 95% de las acciones de CEMPA.
- b. 2002: Adquisición de concretos Pedregal.
- c. 2003: Certificación ISO 9001 en Cemento.
- d. 2004: Adquisición de mina de agregados en Guápiles.
- e. 2005: Certificación ISO 9001 en Concretos.
- f. 2009: Nuevos negocios Construrama e Infraestructura y Vivienda.
- g. 2011: Certificación ISO 17025 en Colorado.
- h. 2012: Certificación ISO 14001 en Colorado.
- i. 2008 - 2013: Amplía negocios y busca consolidarse.

La planta de cemento ubicada en Colorado de Abangares es la única que cuenta con la línea completa de CEMEX; es decir, aquí se extrae la materia prima de las minas, se procesa y se obtiene el producto final, por tal razón, es de suma importancia que sus operaciones sean ininterrumpidas y que la confiabilidad y disponibilidad de la planta sean óptimas. Por tanto, el mantenimiento tiene un papel fundamental para que la compañía se mantenga en operación, sin comprometer sus procesos productivos.



Figura 1.3.1. Vista general de la Planta Colorado.

Fuente: CEMEX Costa Rica

Tabla 1.3.1. Distribución de operaciones CEMEX en Costa Rica.

Plantas de Cemento	1
Molinos de Cemento	2
Capacidad (Millones toneladas)	0.9
Canteras de Agregados	1
Centros de Distribución Terrestres	1
Plantas de Concreto	8

Fuente: Página web CEMEX Latam Holdings.

1.4 Ubicación de las operaciones en el país.

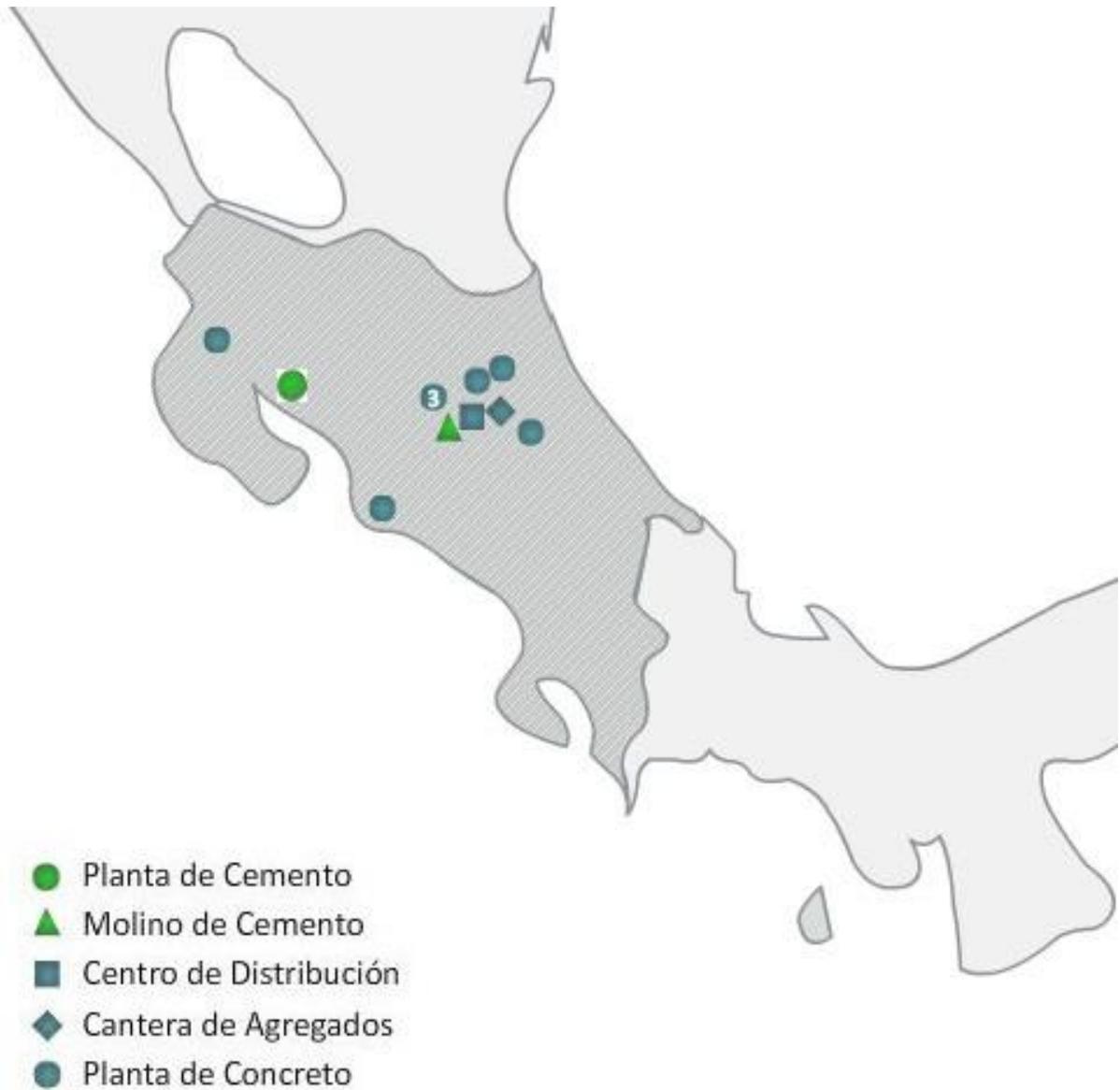


Figura 1.4.1. Ubicaciones CEMEX en Costa Rica.

Fuente: Página web CEMEX Latam Holdings.

1.5 Productos:

- a. *Concretos*: Convencional, bombeable, de baja permeabilidad, de fraguado retardado, de alta resistencia.



Figura 1.5.1. Camión mixer con concreto premezclado.

Fuente: Pagina web CEMEX, 2016.

- b. *Cementos*: UG, blanco, industrial, morteros, repello grueso, repello fino, repello proyectable, pega cerámica estándar, pega cerámica *plus*, pega cerámica *Premium*, concreto seco, mortero multiuso, muro seco, empaste cementicio y nivelante de pisos.



Figura 1.5.2. Cementos vendidos por la compañía.

Fuente: Construrama Costa Rica

- c. *Agregados*: Arena, gravas trituradas, piedra gavi3n triturada, lastres, bases, sub-bases, polvo de piedra.



Figura 1.5.3. Cantera de agregados CEMEX (Imagen ilustrativa).

Fuente: Cantera de agregados CEMEX Francia.

1.6 Perfil de la compañía

1.6.1 Misión

La misión de CEMEX es crear valor sostenido al proveer productos y soluciones líderes en la industria para satisfacer las necesidades de construcción de nuestros clientes en todo el mundo.

1.6.2 Cultura y Valores

Los valores de la compañía integran la esencia de la cultura organizacional de la empresa.

- a. **Garantizar la Seguridad:** Garantizar que nada esté por delante de la seguridad y salud de nuestra gente, contratistas y la comunidad.
- b. **Enfocarse al Cliente:** Escuchamos a nuestros clientes, entendemos sus retos, y les ofrecemos soluciones valiosas.
- c. **Buscar la Excelencia:** Procuramos los más elevados estándares para ser los mejores de nuestra industria.
- d. **Trabajar como Un Solo CEMEX:** Aprovechamos nuestros conocimientos globales en nuestros mercados locales, lo que nos da una ventaja competitiva.
- e. **Actuar con Integridad:** Actuamos con integridad y transparencia en todas nuestras interacciones.

1.7 Organigrama general de CEMEX Costa Rica

La compañía cuenta con una Dirección general y cuatro divisiones en las cuales se desarrollan todos los proyectos de CEMEX Costa Rica; las oficinas corporativas se encuentran en Escazú. Planta Colorado se encuentra bajo la dirección de Operaciones Cemento, son los encargados de la producción y distribución del cemento en el país.

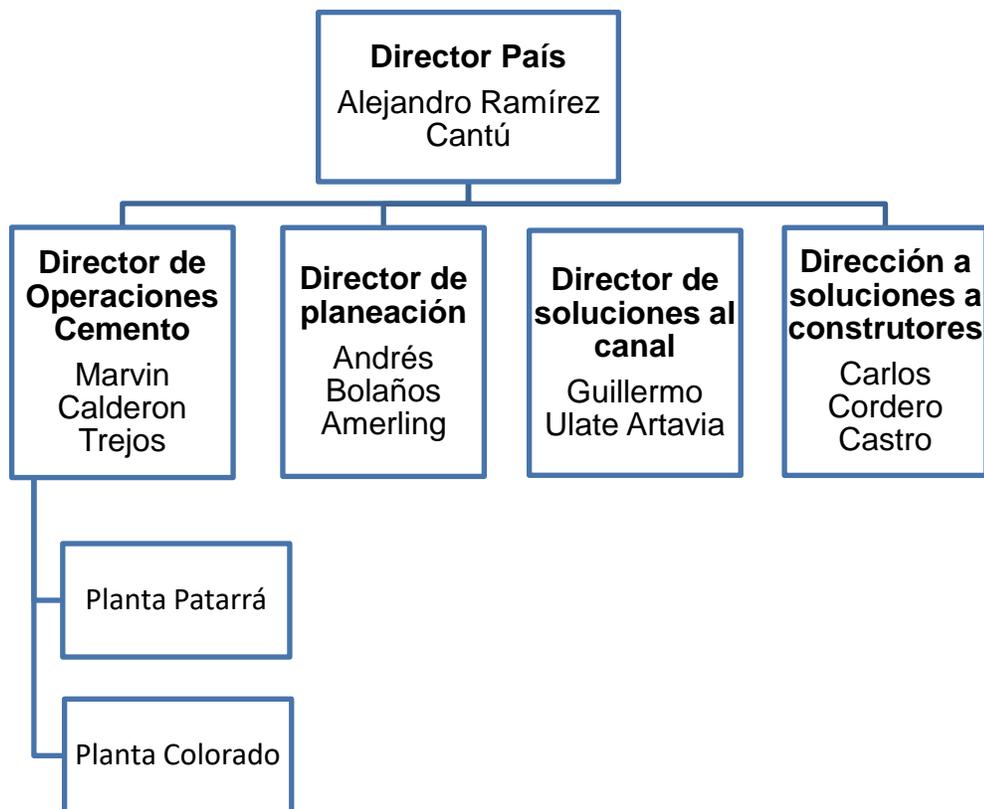


Figura 1.7.1. Organigrama de alta dirección de la compañía.

Fuente: (CEMEX Costa Rica, 2016), Realizado con Microsoft Word 2013.

1.8 Organigrama del departamento de mantenimiento

El departamento de mantenimiento en CEMEX Planta Colorado posee una estructura jerárquica bien definida, en la cual, el departamento es el encargado de brindar un servicio integral a todas las áreas de la planta, se cuenta con un gerente, un administrador de mantenimiento, coordinador eléctrico y mecánico, planeador de mantenimiento, jefes de taller, supervisores, mano de obra interna (MOIS) y mano de obra externa (MOES).

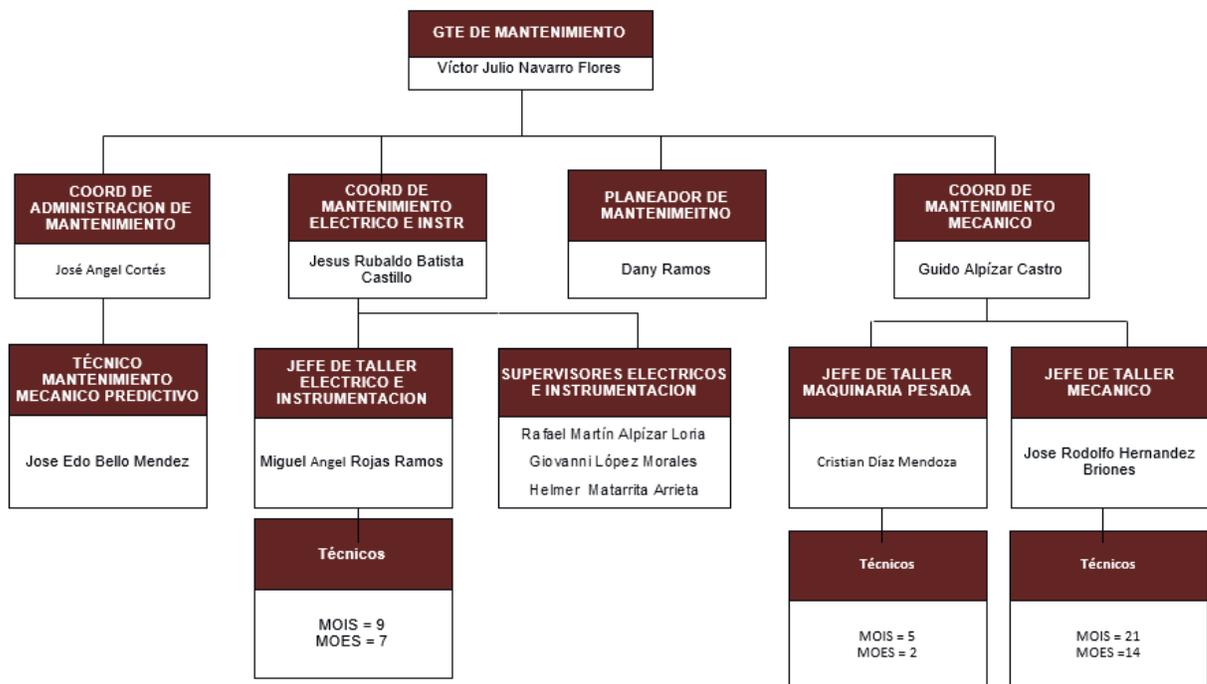
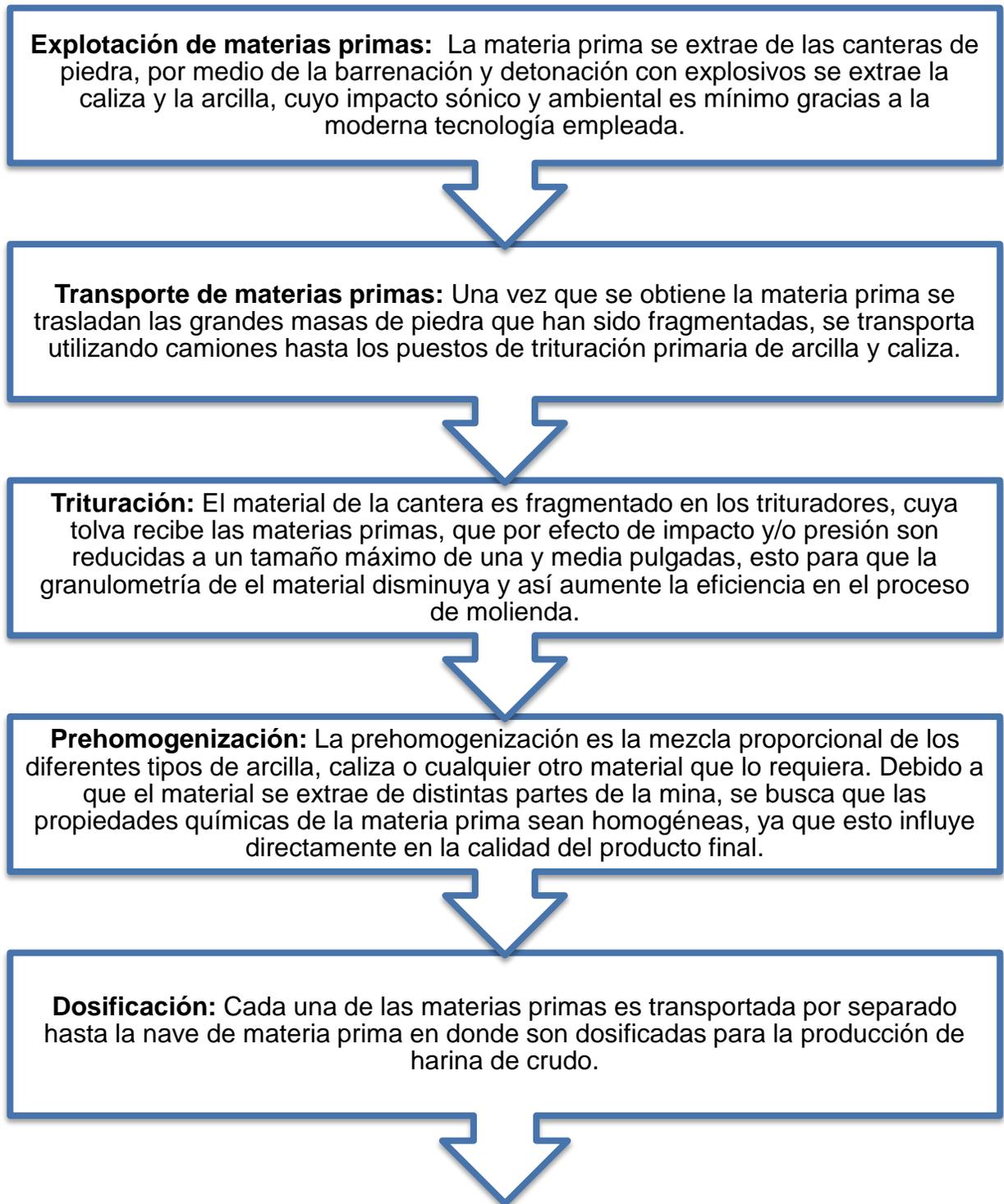


Figura 1.8.1. Organigrama del departamento de mantenimiento en la planta de Colorado.

Fuente: (CEMEX, 2016)

1.9 Descripción general del proceso productivo



Molienda de materia prima: Se realiza por medio de un molino vertical de rodillos, que muele el material mediante la presión que ejercen tres rodillos al rodar sobre una mesa giratoria de molienda. El molino posee en la parte superior un turboseparador encargado de regular la granulometría requerida por el proceso, posteriormente el material es enviado a dos ciclones donde por el efecto cicloneo se deposita la harina de crudo en el fondo, para luego ser enviada a los silos.

Transporte de harina de crudo: La harina de crudo producto del proceso de molienda es enviada a los silos por medio de una bomba tipo fuller.

Homogenización de harina cruda: Se realiza en los silos equipados para lograr una mezcla homogénea del material, se cuenta con un sistema blending que consiste en una serie de aerodeslizadores que por efecto del aire comprimido crean turbulencia en el interior de los silos y facilita que la harina de crudo se homogenice.

Calcinación: La calcinación es la parte medular del proceso, donde se emplean grandes hornos rotatorios en cuyo interior, a 1400°C la harina se transforma en clínker, que son pequeños módulos gris oscuros de 3 a 4 cm.

Molienda de cemento: El clínker es molido a través de bolas de acero de diferentes tamaños a su paso por las dos cámaras del molino, agregando el yeso para alargar el tiempo de fraguado del cemento.

Envase del cemento: El cemento es enviado a los silos de almacenamiento; de los que se extrae por sistemas neumáticos o mecánicos y transportado a donde será envasado en sacos de papel, o surtido directamente a granel.

Fuente: Página web, Como hacemos cemento. (CEMEX, 2016)

1.10 Metodología

Como punto de partida se realizará una auditoría de mantenimiento para determinar el estado actual de la gestión en la planta, por medio de las Normas COVENIN 2500-93 y COVENIN 3049-93, se analizarán los datos e indicadores de la empresa en cuanto a los registros de paros para la toma de decisiones. Seguidamente, se realizará un análisis cualitativo y cuantitativo para determinar la criticidad de los equipos y dirigir los esfuerzos en las áreas que generan mayor impacto productivo y económico a la compañía.

Asimismo, se implementará una metodología para la revisión del mantenimiento preventivo actual, llamado Optimización del Mantenimiento Planificado (PMO por sus siglas en inglés) lo que se busca es validar las rutinas de mantenimiento actuales y buscar la mejora continua de los procesos y la reducción de los costos de mantenimiento, se elige esta modalidad de análisis y optimización debido a que como se mencionó en segmentos anteriores, la empresa posee bases sólidas en cuanto a la administración e implementación de técnicas modernas de mantenimiento. Se cuenta con equipos de trabajo de RCM2, estudios de averías por medio de análisis de causa raíz y 5s, he aquí la importancia de que las metodologías ya implementadas tengan la actualización oportuna con el fin de garantizar el cumplimiento de las metas productivas y de mantenimiento.

La actualización de los procedimientos busca reducir tiempos en mantenimiento, revisar que los modos de fallos prevenibles se estén cubriendo con el programa actual de rutinas preventivas, predictivas y autónomas y su vez, detectar y eliminar actividades repetitivas y desactualizadas, se realizará un análisis del impacto en la confiabilidad de los equipos analizados. Se espera que una vez finalizada la práctica, la empresa cuente con las herramientas necesarias para desarrollar una gestión de mantenimiento más eficiente, con menos recursos, tanto humanos como económicos.

A continuación se muestran las actividades por realizar durante la práctica, en procura que cada objetivo planteado se cumpla:

Tabla 1.10.1. Actividades por realizar en el proyecto

Objetivo Específico	Actividad	Herramienta o método
1. Realizar una auditoría de mantenimiento para conocer el estado actual de las secciones de crudo y horno.	a. Investigar y recopilar información acerca del departamento de mantenimiento.	COVENIN 3049 COVENIN 2500
	b. Conocer el entorno y que hacer del departamento de mantenimiento.	
	c. Conocer en detalle el funcionamiento de los equipos.	
	d. Evaluar el estado actual mediante la norma.	
2. Identificar los equipos más críticos en el proceso que afecten directamente los indicadores de la planta.	a. Recopilar información de indicadores y costos de mantenimiento.	Criticalidad Total por Riesgo (CTR)
	b. Analizar criticidad de equipos en secciones de crudo y horno.	
3. Analizar los procedimientos de mantenimiento preventivo, predictivo y autónomo utilizando PMO.	a. Recopilar información de procedimientos.	Planned Maintenance Optimization (PMO)
	b. Análisis de modos de falla.	
	c. Racionalización y revisión de modos de falla.	

	d. Análisis Funcional.	
	e. Evaluación de consecuencias.	
	f. Definición de políticas de mantenimiento.	
	g. Agrupación y revisión.	
	h. Aprobación e implementación.	
	i. Programa dinámico.	
4. Actualizar los procedimientos de mantenimiento para que generen datos de valor que faciliten la retroalimentación en las tareas de mantenimiento.	a. Modificación de procedimientos de rutinas de mantenimiento.	SAP
	b. Modificación de frecuencias en SAP.	
5. Analizar la rentabilidad actual del Departamento de mantenimiento buscando la reducción de costos.	a. Recopilar información de costos en el Departamento de mantenimiento.	TIR VAN
	b. Cuantificar la reducción de costos de mantenimiento	Periodo de recuperación

Fuente: Elaboración propia, Realizado con Microsoft Word 2013.

1.11 Distribución de la planta por secciones

La planta se divide por secciones que involucran sistemas y equipos, partiendo desde la cantera con la extracción de la materia prima, proceso de molienda, cocción y hasta el proceso de envase o carga a granel, la planta se distribuye como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 1.11.1. Secciones del proceso en CEMEX Planta Colorado

GFH	Descripción
101	Explotación materias primas
105	Trituración primaria de caliza
107	Almacenamiento de caliza
110	Trituración secundaria de caliza
122	Transporte de caliza
133	Trituración primaria de arcilla
202	Alimentación de harina cruda
221	Molienda de crudo
222	Recuperación de crudo
223	Transporte de harina cruda
250	Homogenización y almacenamiento
300	Alimentación a torre intercambiadora
301-302	Precalentamiento
303	Cocción Horno
304	Sistema de enfriamiento
370	Almacén de Clinker

410	Trituración primaria de yeso
420	Transporte a tolva de cemento
431	Tolvas de dosificación de cemento
432	Molienda de cemento
500	Almacenamiento y-ensacado
501	Almacenamiento carga granel
502-503	Despacho cemento envasado
600	Sistema de quemado horno y calcinador
604-605	Molienda de coque
608	Combustibles alternos
630	Pozos
640	Cuarto de compresores

Fuente: CEMEX 2016.

CAPITULO 2. EVALUACION DEL MANTENIMIENTO

2.1 Justificación

La importancia de evaluar el estado actual del mantenimiento en CEMEX Planta Colorado, nace como una necesidad de buscar posibles puntos de mejora y conocer en detalle el funcionamiento del Departamento de Mantenimiento, además de las partes involucradas en los procesos productivos. Con esto se pretende realizar un análisis cualitativo de aspectos básicos que debe poseer una empresa para que el mantenimiento como departamento estratégico brinde un servicio de calidad, conjuntamente con el de producción, debido a que ambos son responsables del cumplimiento de los objetivos de la empresa, asimismo, permitan que la rentabilidad de la compañía se incremente y se genere mayor desarrollo para el país.

2.2 COVENIN 3049: Mantenimiento, definiciones

La Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN), es el ente gubernamental de regular la actividad de normalización y calidad en Venezuela. Posee una amplia cartera de normas utilizadas como referencia por la industria. Como parte de la metodología de este proyecto se utilizarán recursos de COVENIN como lo es la norma 3049 en la cual se detallan algunos conceptos básicos de la ingeniería en Mantenimiento que ayudarán a comprender de una manera integral la esencia del proyecto.

2.2.1 Tipos de mantenimiento

Primeramente se definirán los tipos de mantenimiento según esta norma para posteriormente aplicar la Norma COVENIN 2500. Es importante comprender algunos conceptos, para esto se utilizó como apoyo la norma COVENIN 3049-93: Mantenimiento Definiciones.

- a. Mantenimiento rutinario: este tipo de mantenimiento consiste en tareas de lubricación, limpieza, protección, ajustes, calibración u otras actividades que involucren frecuencias de ejecución diarias o semanales, este tipo de actividades rutinarias por lo general son asignadas a los operadores de los equipos, con el único fin de garantizar que se encuentren en óptimas condiciones y evitar el desgaste de la máquina o sistema.
- b. Mantenimiento programado: este tipo de mantenimiento tiene como fundamento las actividades recomendadas por los fabricantes, diseñadores, constructores, operadores y la experiencia del personal asignado; por lo general se programa en frecuencias que van desde quincenal hasta anual, y las actividades por realizar se calendarizan para su ejecución en el programa anual de la organización por lo que se puede estimar el recurso humano, refacciones, herramientas y otros materiales necesarios para su ejecución. Por lo general, el mismo personal de la compañía se encarga de realizarlo.
- c. Mantenimiento por avería o reparación: se refiere a las actividades realizadas en el SP cuando se da una falla en algún equipo; se caracteriza porque debe darse una rápida intervención es decir, no da espacio para la programación previa, busca poner en marcha al equipo para que la producción sufra el menor impacto posible.
- d. Mantenimiento correctivo: las actividades correctivas buscan eliminar la necesidad del mantenimiento a mediano plazo; es decir, todas aquellas tareas que modifiquen elementos de máquinas, modificaciones al proceso, cambio de algunas especificaciones, ampliaciones y mejoras, revisión del elementos básicos de mantenimiento y la conservación del equipo para que su función mejore en el SP.
- e. Mantenimiento circunstancial: el mantenimiento circunstancial se considera una mezcla entre rutinario, programado, avería y correctivo, con la particularidad de que se ejecutan actividades rutinarias pero no cuentan con una frecuencia exacta de ejecución, dependen de los cambios en el SP, ya que se ejecutan acciones programadas en el calendario anual; sin embargo,

su ejecución se orienta a aumentar la capacidad de producción, cambios de procesos, reducción del personal o turnos de trabajo.

- f. Mantenimiento preventivo: son las actividades realizadas en el SP. Se derivan de dos tipos de averías: las que se generan a partir del correctivo y aquellas fallas ya conocidas por ser recurrentes y se busca prevenirlas. Este tipo de mantenimiento se caracteriza porque utiliza todos los medios disponibles, aun métodos estadísticos para la determinación de la frecuencia de inspecciones, revisiones, sustitución cíclica de piezas, probabilidad en la aparición de averías, vida útil u otras.

2.2.2 Tipos de fallas

También es importante comprender los tipos de fallas que podrían presentarse en el sistema productivo, deben atenderse de una manera más acertada, para definir las políticas de mantenimiento, con miras a que la empresa cumpla con los objetivos propuestos. Según la norma COVENIN 3049-93 se tiene los siguientes:

- a. Parcial: las fallas parciales originan desviaciones en las características de funcionamiento de un SP, fuera de límites especificados, pero no la incapacidad total para cumplir con su función.
- b. Total: las fallas totales originan desviaciones o pérdidas de las características de funcionamiento de un SP, tal que produce incapacidad para cumplir su función.
- c. Progresiva: es aquella en la que se observa la degradación de funcionamiento de un SP y puede ser determinada por un examen anterior de las características del mismo.
- d. Intermitente: este tipo de falla se presenta alternativamente por lapsos limitados.
- e. Súbita: las fallas súbitas ocurren instantáneamente y no pueden preverse con un examen anterior de las características del SP.

- f. Menor: las fallas menores no afectan los objetivos de producción o de servicio.
- g. Mayor: las fallas mayores afectan parcialmente los objetivos de producción o de servicio.
- h. Critica: estas fallas afectan totalmente los objetivos de producción o de servicio.
- i. Independiente: son fallas del SP cuyas causas son inherentes al mismo.
- j. Dependiente: son fallas del SP cuyo origen es atribuible a una causa externa

2.3 COVENIN 2500: Manual para evaluar sistemas de mantenimiento

Con la aplicación de esta norma se busca utilizar métodos cuantitativos que permitan evaluar el sistema de mantenimiento, y que permita determinar la capacidad de gestión de la empresa. Esta norma venezolana permitirá evaluar aspectos vitales que deben existir para que la planta pueda operar a máxima eficiencia en donde se busque eliminar los paros imprevistos y pérdidas económicas (COVENIN, 1993). La norma permitirá evaluar doce áreas las cuales se detallan a continuación:

- a. Organización de la empresa.
- b. Organización de mantenimiento.
- c. Planificación de mantenimiento.
- d. Mantenimiento rutinario.
- e. Mantenimiento programado.
- f. Mantenimiento circunstancial.
- g. Mantenimiento correctivo.
- h. Mantenimiento preventivo.
- i. Mantenimiento por avería.
- j. Personal de mantenimiento.
- k. Apoyo logístico.
- l. Recursos.

Cada área se desglosa en principios básicos que se definen como:

“Aquel concepto que refleja las normas de organización y funcionamiento, sistemas y equipos que deben existir y aplicarse en mayor o menor proporción para lograr los objetivos del mantenimiento.”
(COVENIN, 1993: pág. 1)

De acuerdo con el cumplimiento de cada principio básico que se detalla en la norma, se le asignará una calificación ya establecida por COVENIN y en caso de que exista disconformidad o demérito. Se define como:

“Aquel aspecto parcial referido a un principio básico, que por omisión o su incidencia negativa origina que la efectividad de esto no sea completa, disminuyendo en consecuencia la puntuación total de dicho principio”
(COVENIN, 1993: pág. 1)

Se irán restando los puntos asignados a cada demérito, al final se obtendrá un promedio de cada área lo que permitirá obtener un parámetro y las posibles áreas en las cuales se encuentra una potencial mejora en la gestión del mantenimiento de CEMEX Costa Rica. Para poder tomar decisiones acerca de qué principios básicos se cumplen y cuáles no, fue necesario involucrarse con el quehacer diario del departamento así como pequeñas entrevistas con la dirigencia, con el fin de conocer en detalle cómo funcionan las gestiones de mantenimiento en la compañía.

2.4 Resultados de la evaluación

Para la toma de datos y calificación de principios básicos y deméritos se utilizó una hoja modelo de evaluación propuesta por COVENIN, a continuación se detallan los resultados obtenidos al evaluar la gestión del mantenimiento en la planta CEMEX Costa Rica, Planta Colorado.

2.5 Interpretación de los datos

La norma en su hoja modelo permite observar de manera gráfica la tendencia de los datos y cuánto se alejan del modelo ideal; sin embargo, gracias al tratamiento de estos datos, a continuación se muestra de manera más clara, la distribución de las calificaciones obtenidas según el área evaluada.

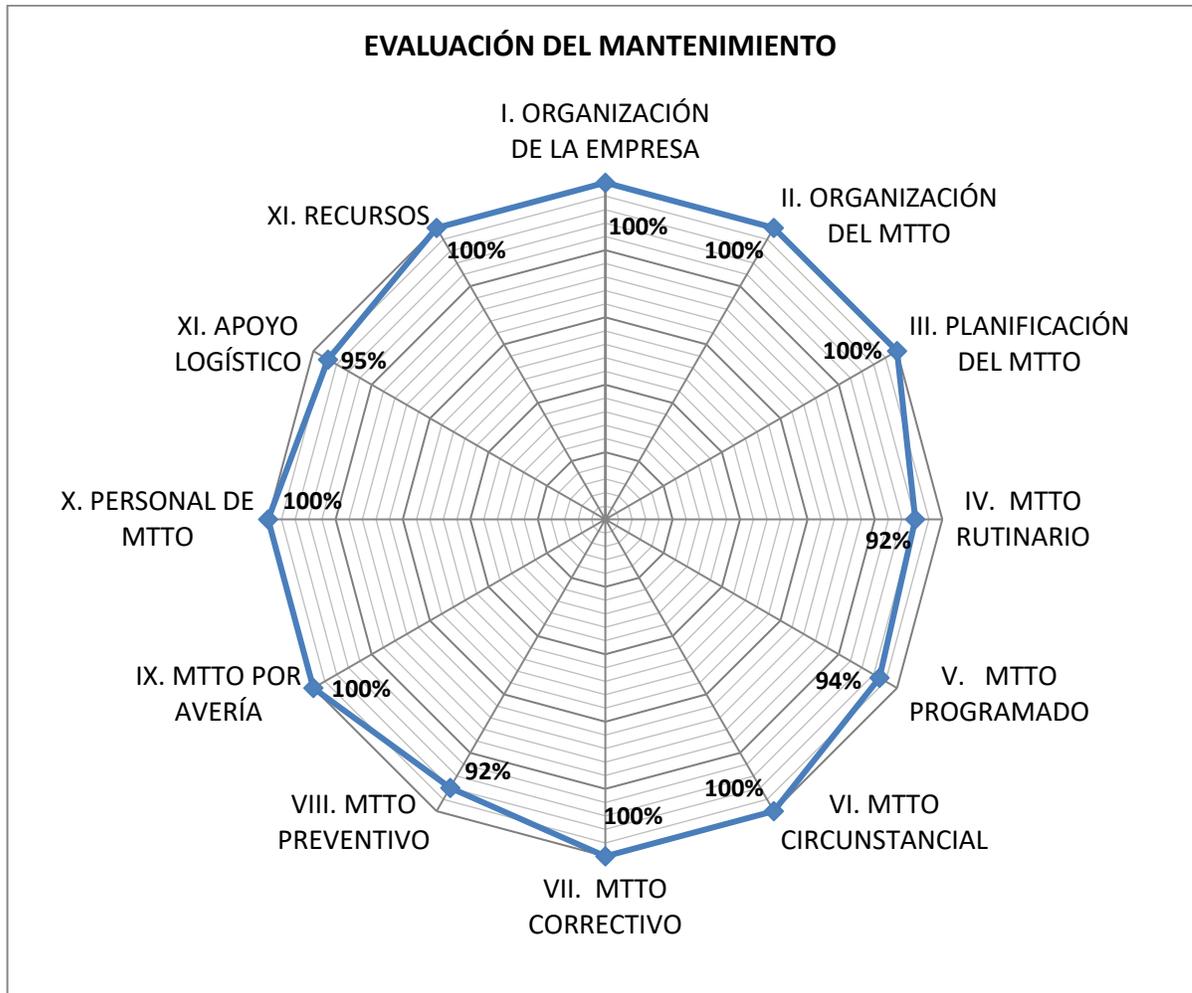


Figura 2.5.1. Representación gráfica de los porcentajes obtenidos por área.

Fuente: Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2013.

2.4. Área I. Organización de la empresa

Puntuación obtenida: 100%

Los datos recopilados determinan que la empresa posee con un organigrama general y por departamentos, se tienen definidas las funciones de las partes y su responsabilidad en el departamento. Se posee autoridad y autonomía para el desarrollo y cumplimiento de las funciones asignadas. La empresa cuenta con el software SAP para el manejo de la información, la cual está a la disposición de las personas competentes.

2.5.1 Área II. Organización de mantenimiento.

Puntuación obtenida: 100%

El departamento de mantenimiento se encuentra bien definido como se mostró en la sección 1.7 de este documento, se aprecian claramente las responsabilidades desde gerencia, planeador, administrador del mantenimiento, coordinadores, incluidos los jefes de taller y supervisores. Cada uno cuenta con el apoyo administrativo para el desarrollo de sus funciones siempre buscando que los objetivos del departamento se cumplan, la información más sensible como es el caso de pagos, manejo de planilla interna y externa, órdenes de compra deben ser aprobadas por dependencias superiores y/o departamentos vinculadas a estos. La información relacionada con los equipos, órdenes de trabajo, estadísticas, costos, programación, están disponibles para las personas competentes.

2.5.2 Área III. Planificación del mantenimiento.

Puntuación obtenida: 100%

Existe un plan de acción que se mide por medio de indicadores como el de cumplimiento de mantenimiento y confiabilidad de equipos críticos. Se planifican las tareas por realizar y se asignan los responsables de realizarlas diariamente, así como los materiales por utilizar. Semanalmente se lleva un control de órdenes de trabajo y se busca que lleguen hasta su conclusión. En caso de no cumplirse se reprograman hasta que los trabajos finalicen. La empresa cuenta con registros de los equipos, órdenes de trabajo generadas por equipo ya sean de mantenimiento correctivo, preventivo, compras o mejoras, cualquier trabajo realizado se retroalimenta en SAP, los equipos cuentan con un sistema de identificación único de equipos denominado Grupo Familiar Homogéneo (GFH) que permite conocer su ubicación física en la planta.

2.5.3 Área IV. Mantenimiento rutinario

Puntuación obtenida: 92%

De acuerdo con la evaluación realizada, se identificó que se tienen establecidas las actividades por realizar, los equipos poseen rutinas autónomas realizadas por los operarios que consisten en inspección visual, verificación de parámetros, temperatura e inclusive, engrase diario si el equipo lo amerita. Se posee con las herramientas necesarias para la realización de las tareas establecidas, se cuenta con un área de autoservicio en el cual se encuentran repuestos de uso rutinario;

Además se dispone de un cuarto de herramientas donde se lleva un control de salida, mantenimiento y certificación de uso seguro de los equipos. Se encuentra como posible punto de mejora que los procedimientos para algunos equipos son confusos para los operarios, se requieren revisar las rutinas y rutas de mantenimiento, para establecer instrucciones claras. Los operarios deben informar la condición de los

equipos la cual es retroalimentada a SAP de manera semanal para su disposición y análisis de los supervisores de cada área, las anomalías encontradas son tomadas en cuenta y se toman las acciones consideradas necesarias para prevenir o corregir las fallas.

2.5.4 Área V. Mantenimiento programado

Puntuación obtenida: 94%

El mantenimiento programado se genera a partir del sistema SAP en el cual se encuentran definidas las acciones, responsables y procedimientos por realizar. El Departamento posee indicadores de cumplimiento del mantenimiento preventivo, predictivo y autónomo y se presenta un informe de su cumplimiento. Las metas según los informes de este año han alcanzado el 100% del cumplimiento, solamente en el mes de abril no se cumplió totalmente con el plan, debido a un paro en el horno, por cambio del ladrillo refractario que pronto fallaría.

También en el mes de julio se dio una falla en el molino de crudo que paró la producción, por lo que los indicadores se vieron afectados en estos meses; sin embargo, a nivel general la compañía posee buenos resultados en cuanto a este apartado. Semanalmente se programan las rutinas o rutas de preventivo las cuales son asignadas a la mano de obra interna.

La planta tiene varios equipos de RCM2 que analizan equipos considerados críticos; de los 26 equipos analizados hasta la fecha, se han concluido un total de 22 análisis de RCM2. Un posible punto de mejora es que muchas veces existen rutinas repetitivas y de poco provecho, debido a la gran cantidad de equipos y de rutinas resulta difícil detectar la duplicidad de actividades por lo que se propondrá analizar algunos equipos considerados más críticos y que han presentado averías, desde enero de 2015 a agosto de 2016. Los supervisores mecánicos y eléctricos son los encargados de evaluar las actividades de mantenimiento y de acuerdo con las

retroalimentaciones de los técnicos se programa las acciones correctivas para los equipos que así lo requieran.

2.5.5 Área VI. Mantenimiento circunstancial

Puntuación obtenida: 100%

Por lo general, la planta opera eficientemente, produce en promedio 155 toneladas por hora de harina de crudo y una producción de clinker que depende del factor de producción del horno, que ronda alrededor de 120 toneladas por hora. Por otra parte, los equipos críticos que requieren ser intervenidos para revisiones periódicas se programan de acuerdo con el inventario existente, siempre se busca que la nave de materias primas, silos de harina de crudo, nave de Clinker y silos de cemento se encuentren a máxima capacidad para que la planta sea capaz de continuar en operación en caso de que alguna sección de la planta presente alguna avería, permite que exista un tiempo prudente para la planificación e intervención del problema, sin afectar la producción.

2.5.6 Área VII. Mantenimiento correctivo

Puntuación obtenida: 100%

Las acciones correctivas en los equipos se generan a partir de las revisiones periódicas en los equipos. Los supervisores son los encargados de revisar las retroalimentaciones de forma semanal y dar por cerradas las órdenes de trabajo, según las recomendaciones dadas por los técnicos, se programa la atención a las fallas; en caso de que esta sea poco común o desconocida se realiza el análisis causa raíz correspondiente, para eliminar la aparición de la falla en el futuro. Las órdenes de trabajo generadas pueden ser consultadas en SAP.

2.5.7 Área VIII. Mantenimiento preventivo

Puntuación obtenida: 92%

La efectividad de la compañía se mide con indicadores de confiabilidad y disponibilidad de los equipos más importantes en el proceso productivo. Se poseen estudios estadísticos de la frecuencia de las fallas de los equipos más críticos; sin embargo, existen muchos equipos a los que se les da mantenimiento a partir de los manuales o recomendaciones técnicas que no necesariamente se apegan a la realidad del proceso productivo por muchos factores operacionales.

Desde hace algunos años la compañía ha estado invirtiendo recursos en el establecimiento del mantenimiento centrado en la confiabilidad; sin embargo, no se ha logrado alcanzar la totalidad de activos, debido a su gran volumen. Como punto de partida se tomaron los que se consideran más críticos para el sistema productivo. Tanto el área mecánica, eléctrica, instrumentación y equipo móvil cuentan con los recursos y la planificación para que se le dé un seguimiento desde la liberación de las órdenes de trabajo, hasta la retroalimentación y revisión de las mismas, mensualmente se presentan los informes de cumplimiento del mantenimiento preventivo.

La compañía mide la confiabilidad de los tres equipos más críticos, y son comparados con las plantas CEMEX de Centroamérica y el Caribe; Planta Colorado en años anteriores ha tenido los mejores indicadores de confiabilidad de la región.

2.5.8 Área IX. Mantenimiento por avería

Puntuación obtenida: 100%

Se cuenta con recurso humano con amplia experiencia y conocimiento de los equipos para la atención oportuna de las averías que se presenten en la planta. Todo trabajo de mantenimiento debe ser aprobado por los supervisores o jefes respectivos, verifican la disponibilidad del equipo certificado de uso seguro y con los permisos correspondientes, ya sea para trabajos en espacios confinados o en caliente, la seguridad para CEMEX siempre es una prioridad.

Cada avería se documenta con el tiempo estimado, recursos utilizados, tiempo de parada, costos y refacciones utilizadas. Toda esta información está disponible para las personas competentes y las órdenes de reparación concluyen una vez finalizados los trabajos. Dependiendo del impacto de la avería se realiza un análisis de causa raíz para corregir la aparición de la falla en el futuro.

2.5.9 Área X. Personal de mantenimiento

Puntuación obtenida: 100%

La programación del mantenimiento se programa semanalmente donde se consideran trabajos pendientes y las rutinas de mantenimiento preventivo por realizar; con esto se planifican los turnos de trabajo y los responsables de completar dichas tareas. En cuanto a la selección del recurso humano, siempre se busca formar a las personas. En este sentido, CEMEX se caracteriza por ser una compañía que valora la experiencia de las personas, existen programas de capacitación en temas de seguridad como charlas en trabajos en altura, espacios confinados, en caliente, barricadas en áreas de trabajos y el uso correcto del EPP. La empresa cuenta con un sistema de incentivos llamado "Más para ti" en el que se le dan ciertas facilidades a los empleados.

2.5.10 Área XI. Apoyo Logístico

Puntuación obtenida: 95%

El apoyo administrativo forma parte importante de las estrategias empresariales; sin embargo, en algunas situaciones se generan muchos trámites para la aprobación de órdenes de compra ya sea de refacciones o equipos necesarios para no comprometer el funcionamiento del sistema productivo. La dirección de operaciones cemento le otorga mantenimiento a las unidades principales del organigrama funcional de la compañía.

2.5.11 Área XII. Recursos

Puntuación obtenida: 100%

La compañía posee los equipos para optimizar la función de mantenimiento. Se cuenta con recursos tecnológicos para prevenir y atender las fallas. La compañía posee un amplio stock de repuestos, equipos, instrumentos y materiales necesarios para que la atención de las averías sean atendidas a la brevedad posible y así causar el menor impacto posible en la producción.

CAPITULO 3. ESTUDIO DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

3.1 Gestión del mantenimiento correctivo.

Como se mencionó en capítulos anteriores la compañía cuenta con los mejores indicadores de desempeño a nivel de Latinoamérica y el Caribe en los tres sistemas más importantes:

- a. Molino de Materias primas
- b. Horno
- c. Molino de cemento

Se consultó la información referente a las órdenes de trabajo producto de las averías generadas en las diferentes secciones, desde enero de 2015 hasta agosto de 2016 y se clasifican de acuerdo con la cantidad de fallas; además, se comparan en relación con los costos asociados por cada avería, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 3.1.1. Averías en secciones

Sección	Cantidad	Costos
Molienda	3	78,84%
Recuperación	1	0,09%
Transporte	1	1,80%
Horno	0	0,00%
Alimentación	0	0,00%
Precalentamiento	2	7,07%
Horno	1	10,33%
Enfriamiento	2	1,87%
Totales	10	100,00%

Fuente: Datos de la compañía desde enero 2015 a agosto 2016.

Se realiza un Pareto para poder tomar decisiones en cuanto a las fallas que ameritan mayor atención, debido a la frecuencia como aparecen. Cabe resaltar que estas averías se dan en las secciones y no necesariamente a un solo equipo. De acuerdo con el historial de fallas es poco probable que sea repetitiva ya que siempre se busca eliminarlas por medio del preventivo.

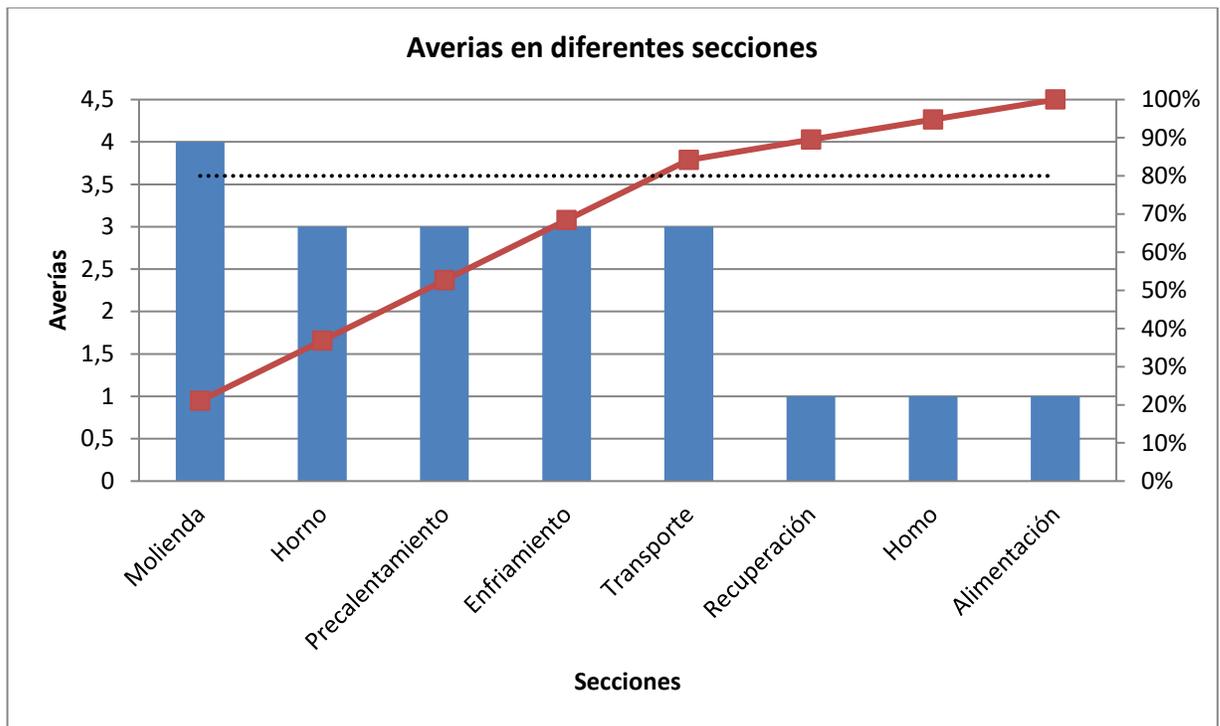


Figura 3.1.1. Análisis de Pareto de averías en secciones

A simple vista se le daría prioridad a la sección de molienda por el volumen de averías y se podrían considerar las secciones de precalentamiento y enfriamiento, pero al analizar los costos generados por estas averías se obtienen diferencias, como se muestra en la siguiente gráfica.

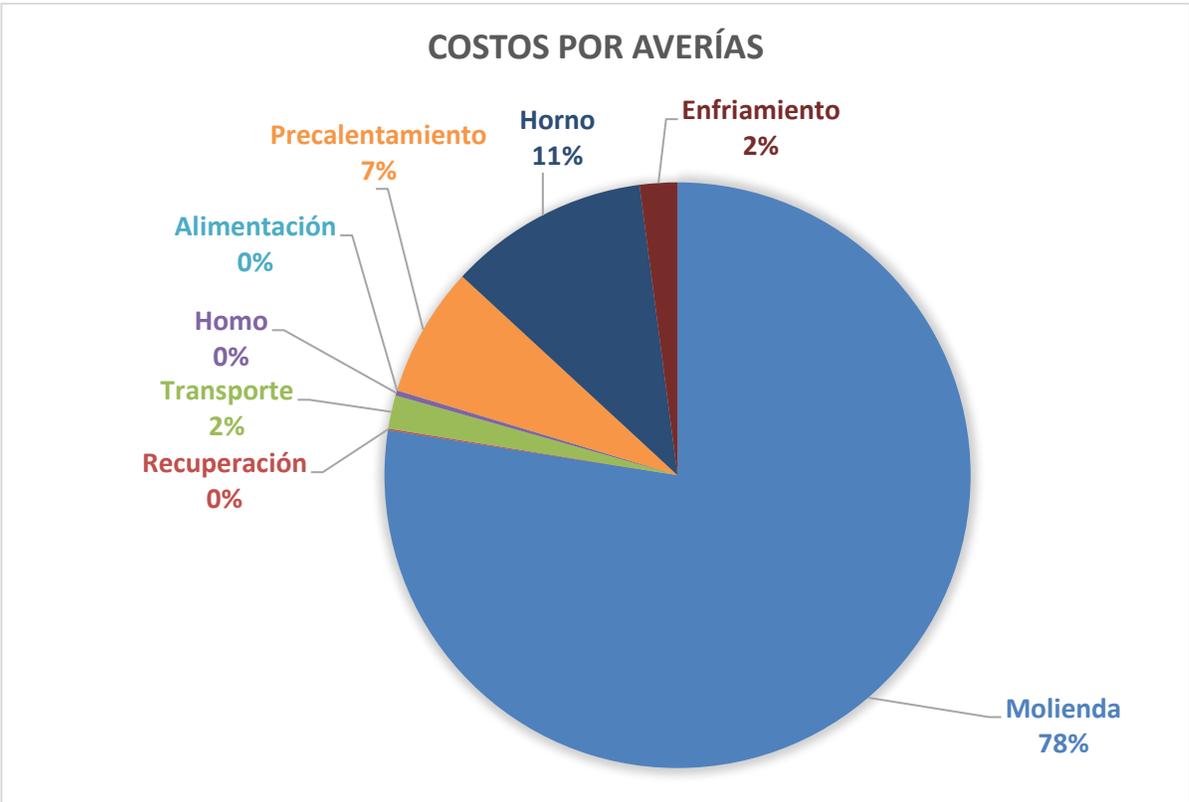


Figura 3.1.2. Representación porcentual de los costos generados de averías en las secciones.

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel 2013.

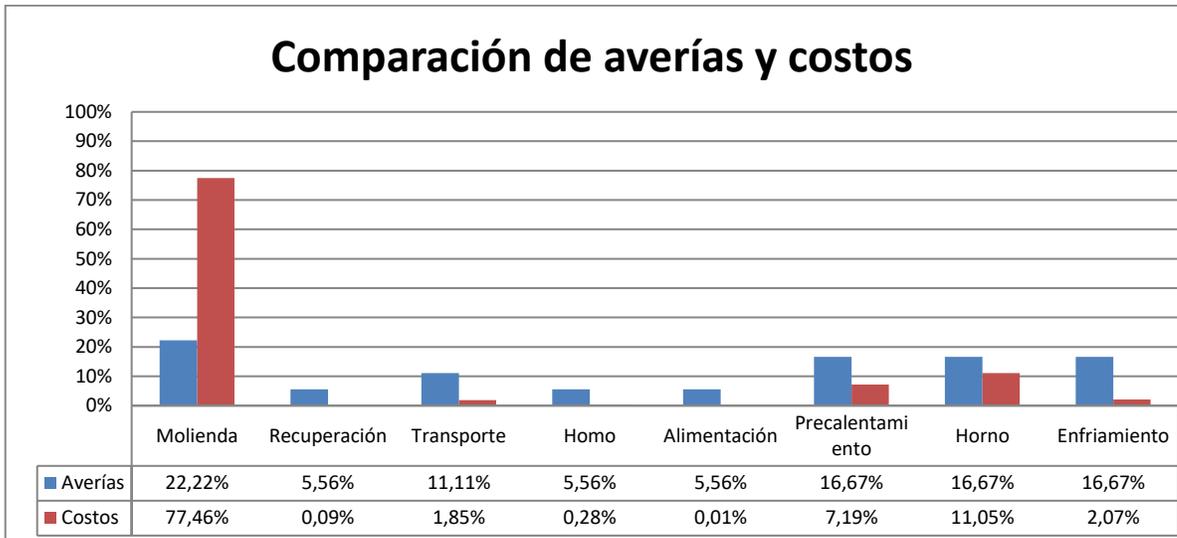


Figura 3.1.3. Gráfica comparativa de averías y costos

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel 2013.

Al comparar la cantidad de fallas generadas y los costos asociados a las mismas, se observa cómo el 38% de las averías en equipos, según la sección en que se encuentran, representan alrededor del 88% de los costos para la atención de las fallas. Por esta razón, se les brindará más atención a estas áreas durante el desarrollo de este proyecto.

- a. Molienda.
- b. Horno.

3.1.1 Gestión del mantenimiento preventivo

La Gerencia General es consciente de la importancia del Departamento de Mantenimiento, por tal motivo se destina anualmente fondos suficientes para la prevención de las fallas y no solamente a atender las averías, debido a que los costos por no producir son muy elevados. Se estima que en una hora de paro, las pérdidas de producción del molino de crudo son de 155 t/h de harina cruda. En el caso del horno la pérdida de producción es de 120 t/h de clinker.

En la siguiente tabla se pueden observar las órdenes de trabajo ejecutadas por concepto de mantenimiento preventivo, predictivo y autónomo en planta Colorado, durante el periodo 2015-2016.

Tabla 3.1.2. Distribución del mantenimiento preventivo ejecutado

GFH	Sección	OT ejecutadas	Costos
221	Molienda	430	28%
222	Recuperación	104	5%
223	Transporte	18	1%
250	Homo	76	3%
300	Alimentación	89	5%
301-302	Precaletamiento	162	9%
303	Horno	518	47%
304	Enfriamiento	56	2%

Fuente: Datos de la empresa periodo 2015.2016, Microsoft Word 2013.

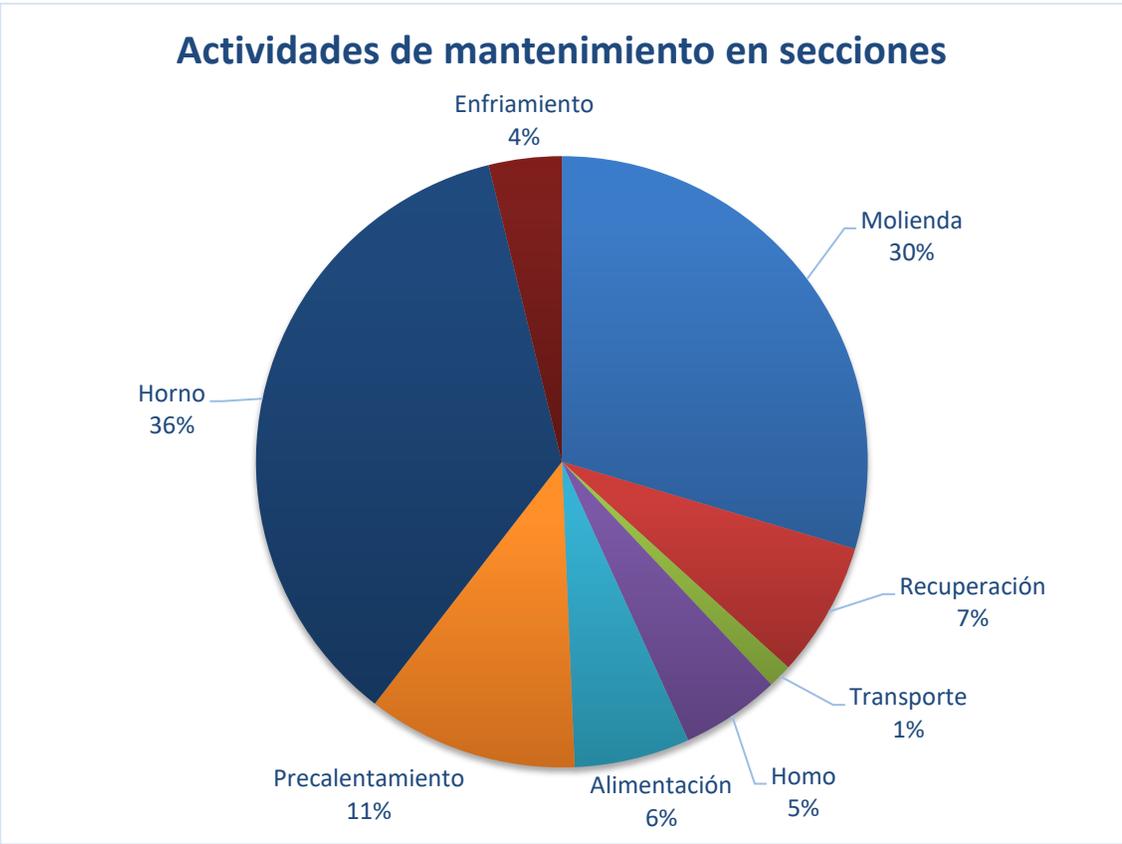


Figura 3.1.4. Actividades de mantenimiento en secciones de crudo y horno

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel 2013.



Figura 3.1.5. Costos del mantenimiento preventivo en Planta Colorado.

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel 2013.

En la Figura 3.1.5 se observa que la compañía ha invertido el 47% del presupuesto en la prevención de averías en el horno y el 28% en el molino de crudo. De acuerdo con este dato, se comprueba una vez más, que estas dos secciones son las más relevantes para la compañía, sin obviar las demás áreas que representan el 25% de los esfuerzos para prevenir fallos.

Luego del análisis de criticidad se definirá cuáles equipos se analizan con mayor rigurosidad.

CAPITULO 4. ANÁLISIS DE CRITICIDAD EN SECCIONES DE CRUDO Y HORNO

Debido a la gran cantidad de secciones y equipos que existen en la planta se decidió realizar un análisis de criticidad para determinar cuáles son los activos más importantes de la compañía. En este sentido, se realizó un mapeo de los equipos existentes en las secciones de crudo y horno. A continuación se muestra la cantidad de equipos involucrados en el proceso productivo por sección.

Tabla 3.1.1. Descripción de las secciones analizadas

GFH	Descripción	Máquinas
221	Molienda de Crudo	20
222	Recuperación de crudo	18
223	Transporte de harina cruda	9
225	Homogenización	10
300	Alimentación a la torre intercambiadora	22
301-302	Precaentamiento	25
303	Horno	16
304	Enfriamiento	26

Fuente: Elaboración propia.

Según Parra & Crespo 2012, el análisis de criticidad parte de un proceso de jerarquización del modelo de gestión de mantenimiento de 8 fases. La jerarquización de activos permite identificar y clasificar de acuerdo con la importancia que cada activo posee en el sistema productivo en los cuales vale la pena invertir más recursos económicos, humanos y tecnológicos para la prevención de fallas. Es decir, permitirá conocer la importancia y consecuencias de las averías asociadas a dichos equipos. Esto permitirá dirigir esfuerzos de una manera más focalizada sobre aquellos activos

que estén provocando indicadores de afectación en mantenimiento, financieros y de producción.

A continuación se muestra el modelo de gestión de las 8 fases, se observa que una de las primeras etapas es la jerarquización de los equipos.

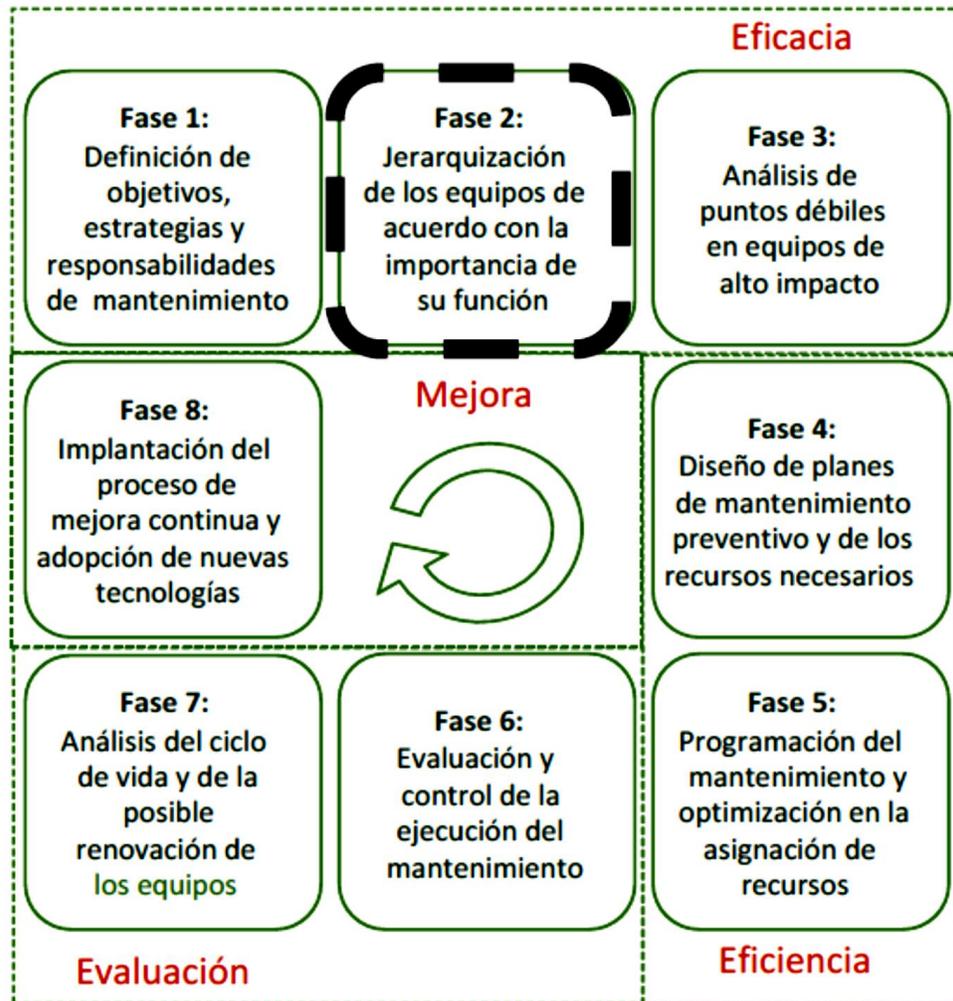


Figura 3.1.1. Modelo de Gestión de Mantenimiento (MGM)

Fuente: (Parra Márquez & Crespo Márquez, 2012)

Existen diversos métodos de jerarquización de activos, sin embargo se deberá elegir un método que se adecue a las políticas e intereses de la empresa. La principal función de un análisis de criticidad es establecer un método adecuado para determinar la jerarquía de procesos, sistemas y equipos en el sistema productivo complejo, lo cual permite controlar y auditar los componentes de la compañía. Al respecto, es importante considerar diversos criterios al realizar un análisis de criticidad. Entre los más frecuentes y utilizados por la industria, según Parra & Crespo se encuentran los siguientes:

- a. Flexibilidad operacional (Disponibilidad de función alterna o de respaldo).
- b. Efecto en la continuidad operacional / capacidad de producción.
- c. Efecto en la calidad del producto.
- d. Efecto en la seguridad, ambiente e higiene.
- e. Costos de paradas y del mantenimiento.
- f. Frecuencia de fallas / confiabilidad.
- g. Condiciones de operación (Temperatura, presión, fluido, caudal, velocidad).
- h. Flexibilidad / accesibilidad para la inspección y mantenimiento.
- i. Disponibilidad de repuestos.

4.1 Criticidad total por riesgo (CTR)

Existen métodos cualitativos, semicuantitativos y cuantitativos para la jerarquización de los activos; en este caso, se decide utilizar el Modelo de Criticidad semicuantitativo: Criticidad total por riesgo (CTR) debido a que este método es soportado por el concepto de riesgo y considera diversos factores económicos y operacionales. El valor de criticidad se define como la frecuencia de fallos por la consecuencia del fallo.

$$CTR = FF \times C$$

Dónde: FF: Frecuencia de fallos

C: Consecuencia del fallo.

Además, las consecuencias de los fallos se calculan a partir de diversos factores que involucran el impacto a la producción (IP), flexibilidad operacional (FO), costos de mantenimiento (CM) y el impacto en seguridad, higiene y ambiente (SHA).

$$C = (IP \times FO) + CM + SHA$$

La ponderación de los factores por evaluar se muestra en la siguiente tabla en donde se le otorgará un valor a cada aspecto, siguiendo los lineamientos de Criticidad total por riesgo. (Parra Márquez & Crespo Márquez, 2012)

Tabla 4.1.1. Valor de factores por evaluar en análisis de criticidad

Factor	Valor	Descripción
Factor de frecuencia (FF)	1	Improbable: menos de 0,5 evento al año.
	2	Posible: Entre 0,5 y 1 evento al año.
	3	Probable: 1 y 2 eventos al año.
	4	Frecuente: mayor a 2 eventos al año.
Impacto a la Seguridad y Medio Ambiente (SHA)	1	No existe ningún riesgo a la salud ni de daños ambientales.
	3	Riesgo mínimo de pérdida de vida del personal y afectación a la salud del personal y/o incidente ambiental menor, derrames fáciles de contener y fugas repetitivas.
	6	Riesgo medio de pérdida de vida, daños importantes a la salud del personal y/o incidente ambiental de difícil restauración.
	8	Riesgo alto de pérdida de vida, daños graves a la salud del personal y/o incidente ambiental mayor, que exceden los límites permitidos.
Impacto en la Producción (IP)	1	Pérdidas de producción menor al 10%
	3	Pérdidas de producción entre el 10% y el 24%
	5	Pérdidas de producción entre el 25% y el 49%
	7	Pérdidas de producción entre el 50% y el 74%
	10	Pérdidas de producción superiores al 75%
Flexibilidad operacional (FO)	1	Se cuenta con unidades de reserva en línea, tiempos de reparación y logística pequeños.
	3	Se cuenta con unidades de reserva que logran cubrir de forma parcial el impacto de producción, tiempos de reparación y logística intermedios.
	5	No se cuenta con unidades de reserva para cubrir la producción, tiempos de reparación y logística muy grandes.
Costos de mantenimiento (CM)	1	Costos de reparación incluyendo materiales y HH, inferiores a \$20 000.
	2	Costos de reparación incluyendo materiales y HH, superiores a \$20 000.

Fuente: Elaboración propia.

Una vez identificados los valores requeridos de frecuencia y consecuencia de la falla se pueden jerarquizar los activos en tres áreas:

- a. Área de sistemas No Críticos (NC).
- b. Área de sistemas de Media Criticidad (MC).
- c. Área de sistemas Críticos (C).

Utilizando la matriz que se muestra a continuación, se determina el nivel de criticidad de acuerdo con el estudio realizado.

FRECUENCIA	4	MC	MC	C	C	C
	3	MC	MC	MC	C	C
	2	NC	NC	MC	C	C
	1	NC	NC	NC	MC	C
		10	20	30	40	50
		CONSECUENCIA				

Figura 4.1.1. Matriz de Criticidad Total por Riesgo

Fuente: (Parra Márquez & Crespo Márquez, 2012)

4.2 Resultados de análisis de criticidad a equipos seleccionados

Tomando en cuenta el análisis previo realizado acerca de la gestión de mantenimiento correctivo y preventivo, además de la consulta realizada a los encargados de la planta, debido a la gran cantidad de sistemas y equipos existentes, se eligen las máquinas consideradas más importantes en cada sección. En la siguiente tabla se observan los valores obtenidos y la clasificación, según el análisis de Criticidad Total por Riesgo.

Tabla 4.2.1. Resultados del análisis de criticidad total por riesgo CTR.

GFH	DESCRIPCION	FF	SHA	IP	FO	CM	C	CTR
221-06	MOLINO DE CRUDO PFEIFFER	3	3	10	4	2	45	Crítico
221-07	SISTEMA HIDRAULICO DE RODILLOS	3	3	1	2	1	6	Media Criticidad
221-09	SISTEMA HIDRAULICO DE TURBO-SEPARADOR	2	3	5	2	1	14	No Crítico
221-40	VENTILADOR DE MOLINO DE CRUDO (CAPTADOR)	2	1	5	5	2	28	No Crítico
222-04	FILTRO DE MANGAS REDECAM	1	3	3	5	1	19	No Crítico
223-14	BOMBA FULLER No.1	2	3	10	1	1	14	No Crítico
250-25	SISTEMA BLENDING FULLER	1	3	3	5	2	20	No Crítico
300-08	ROTOBÁSCULA HARINA DE CRUDO	2	3	5	3	1	19	No Crítico
300-50	ELEVADOR DE CANGILONES DE TORRE	1	3	5	5	1	29	No Crítico
301-16	VENTILADOR DE TORRE	2	1	5	5	2	28	Media Criticidad
302-08	CALCINADOR TIPO TUBULAR FULLER	3	6	10	1	1	17	Media Criticidad
303-06	HORNO ALLIS CHALMERS GIRATORIO TUBULAR	3	3	10	4	2	45	Crítico

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel 2013.

La definición de la criticidad es muy importante, debido a que en el siguiente capítulo con la implementación del método de optimización, se requiere conocer el grado de análisis que se le debe brindar a cada equipo, dependiendo de la criticidad de los activos. Esta jerarquización facilita la toma de decisiones; sobre todo, porque brinda herramientas a la gerencia para la intervención de los equipos y se inviertan los recursos necesarios para evitar que las fallas ocasionen una avería mayor que perjudique los indicadores de confiabilidad, financieros y de producción.

Tabla 4.2.2. Jerarquización de los activos analizados

GFH	DESCRIPCION	CTR
221-06	MOLINO DE CRUDO PFEIFFER	Crítico
303-06	HORNO ALLIS CHALMERS GIRATORIO TUBULAR	Crítico
301-16	VENTILADOR DE TORRE	Media Criticidad
302-08	CALCINADOR TIPO TUBULAR FULLER	Media Criticidad
221-07	SISTEMA HIDRAULICO DE RODILLOS	Media Criticidad
300-50	ELEVADOR DE CANGILONES DE TORRE	No Crítico
221-40	VENTILADOR DE MOLINO DE CRUDO	No Crítico
250-25	SISTEMA BLENDING FULLER	No Crítico
222-04	FILTRO DE MANGAS REDECAM	No Crítico
300-08	ROTOBÁSCULA HARINA DE CRUDO	No Crítico
221-09	SISTEMA HIDRAULICO DE TURBO-SEPARADOR	No Crítico
223-14	BOMBA FULLER No.1	No Crítico

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Word 2013.

CAPITULO 5. OPTIMIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO

Como se mencionó en capítulos anteriores, el mantenimiento en CEMEX se podría considerar que presenta un estado de madurez avanzado, Planta Colorado ha sido premiada en varias ocasiones por la dirección regional SAC, debido a la buena gestión en las operaciones; sin embargo, los sistemas de mantenimiento requieren de continua actualización y siempre se debe apuntar a la mejora y a la productividad. Por tal razón, la Gerencia consciente de esto, requiere que los programas de mantenimiento existentes sean capaces de evitar que los equipos presenten averías que puedan provocar afectación total en la producción.

La compañía ha invertido considerables recursos en metodologías modernas de mantenimiento como el RCM2. En muchas ocasiones, es un poco difícil y tedioso revisar todas las actividades realizadas a los equipos. Actualmente, en las secciones de crudo y horno existen alrededor de 300 rutinas de las diferentes especialidades ya sean mecánicas, eléctricas, instrumentación, equipo móvil, predictivo, lubricación y autónomo.

La programación de estas acciones contempla revisiones en cada turno, diarias, semanales, quincenales, mensuales, bimensuales, trimestrales, semestrales y anuales. Por esta razón, se tomó en cuenta que la factibilidad de aplicar una metodología estándar no era suficiente, debido al gran volumen de las actividades de mantenimiento; como una alternativa se propone la siguiente metodología que busca una buena gestión del mantenimiento actual, con proyección a reducir costos.

5.1 Planned Maintenance Optimization (PMO)

No existe ninguna duda de que las técnicas modernas del mantenimiento gracias a su gran trayectoria a nivel mundial como el RCM, de gran ayuda para generar una cultura de confiabilidad en los equipos; permite a las compañías tener más control de las fallas que pueden incidir en la productividad. PMO ha venido a ser una alternativa efectiva y de bajo costo en comparación con RCM; principalmente, en las industrias que poseen programas de mantenimiento existentes y donde se requiere una racionalización y revisión de la confiabilidad del programa actual.

Este método va enfocado a organizaciones en expansión o reemplazo de los activos por cumplimiento de su vida útil. Una de las ventajas del PMO es la versatilidad del método, ya que, se pueden obtener resultados muy favorables a un bajo costo y con mayor rapidez que el RCM. PMO. Posee ciertas similitudes con el mantenimiento centrado en la confiabilidad por lo que hace que el método conserve algunas de las características propias del mismo. (Turner, 2016)

Muchas veces la labor de mantenimiento se vuelve rutinaria y a pesar de que se realiza, las frecuencias establecidas no son las adecuadas ya que se efectúa permanentemente, o muchas veces se llega a atender la tarea ya cuando la falla ha aparecido; por esta razón, que PMO era la mejor opción para optimizar la gestión del mantenimiento en CEMEX Planta Colorado.



Figura 5.1.1. Ciclo vicioso del mantenimiento

Fuente: (Turner, 2016). Realizado con Microsoft Word 2013.

Optimizar la gestión del mantenimiento según Turner, implica un análisis de reingeniería para así lograr aumentar la eficacia del actual programa de mantenimiento, para lograr esto, se deben detectar algunas de las siguientes actividades:

- Eliminar todas las tareas de mantenimiento, sin propósito o que no sean de costo eficiente.
- Eliminar todos los esfuerzos duplicados donde diferentes grupos están ejecutando igual mantenimiento preventivo sobre el mismo equipo.
- Dirigir la filosofía de mantenimiento al basado en condición.

- d. Agregar tareas de mantenimiento orientadas a prevenir modos de falla, que históricamente han derivado en fallas, con criterio y priorización económica.
- e. Distribuir la carga de trabajo hacia los operadores y toda la organización.

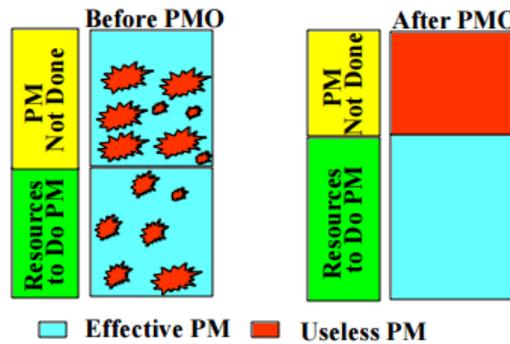


Figura 5.1.2. Ilustración de los resultados obtenidos con PMO.

Fuente: (Turner, 2016)

Como resultado de la implantación de estas mejoras se logra migrar a una gestión del mantenimiento dinámica y de mejora continua que es alimentado principalmente de las experiencias aprendidas por la compañía. (Turner, 2016).

5.1.1 Comparación de RCM y PMO

A continuación se realiza una comparación de la metodología que sigue cada método de análisis. En el siguiente cuadro se encontrarán algunas de las preguntas que buscan responder cada uno de los métodos y así comprender un poco más cómo se relacionan.

Tabla 5.1.1. Comparación entre RCM y PMO

RCM	PMO
a. ¿Cuáles son las funciones y estándares de desempeño deseados del equipo en su contexto operacional (funciones)?	a. ¿Qué tareas de mantenimiento se llevan a cabo por parte del personal de mantenimiento y operaciones (recopilación de tareas)?
b. ¿De qué forma puede fallar y no cumplir con sus funciones (fallas funcionales)?	b. ¿Cuáles son los modos de falla asociados a una inspección de la planta (análisis de modos de falla)?
c. ¿Qué causa falla funcional (Modos de fallo)?	- ¿Cuál es el modo de falla que cada tarea en el plan actual está programada a atacar?
d. ¿Qué pasa cuando ocurre cada falla (efectos de falla)?	- Qué otras fallas se han presentado en el pasado que no se han listado o no han ocurrido, pero en caso de suceder pueden traer consecuencias peligrosas.
e. ¿En qué forma afecta cada falla (consecuencia de falla)?	c. ¿Qué funciones se perderían si cada modo de falla se presentara de forma inesperada (funciones)? Opcional.
	d. ¿Qué pasa cuando ocurre cada falla (efectos de falla)?
	e. ¿En qué forma afecta cada falla (consecuencia de falla)?
	f. ¿Qué se debe hacer para predecir o prevenir cada falla (tareas proactivas y sus intervalos)?
	g. ¿Qué se debe hacer si una tarea proactiva no previene la falla (acciones por omisión)?

Fuente: (Turner, 2016). Tabla realizada con Microsoft Word 2013.

5.1.2 Diferencias

a. Funcionales

El RCM y PMO son metodologías que en su función presentan varias diferencias funcionales, pero comparten un objetivo común que es definir los requerimientos de mantenimiento para los activos de la compañía. El RCM por su parte, fue diseñado para crear programas de mantenimiento durante la etapa de diseño del ciclo de vida del activo (Moubray, J, 2004), por otro lado, PMO fue diseñado para ser aplicado en industrias que ya cuentan con un sistema de gestión maduro, pero necesitan actualización y revisión de lo que ya existe. (Turner, 2016).

b. Metodológicas

Tabla 5.1.2. Diferencias de metodología entre RCM y PMO

RCM	PMO
Genera una lista de los modos de falla desde un riguroso análisis de todas las funciones, después de considerar todas las posibles fallas funcionales y de una valoración de los modos de falla que se relacionan a cada falla funcional. RCM busca analizar todos los modos de falla en cada equipo del sistema a analizar.	Genera una lista de modos de falla desde el plan de mantenimiento actual, de una evaluación del historial de fallas y de la revisión de la documentación técnica (usualmente diagramas de tubería e instrumentación).

Fuente: (Turner, 2016). Tabla realizada con Microsoft Word 2013

La principal diferencia es que PMO lidia con una cantidad menor de modos de falla y según investigaciones y experiencia en la industria nuclear de Estados Unidos, el PMO es hasta seis veces más rápido que el RCM. (Johnson, Improving Equipment Reliability and Plant Efficiency through PM Optimization at Kewaunee Nuclear Power Plant, 1995)

- a. Los modos de falla insignificantes no son analizados por PMO mientras que RCM analiza todos los modos de falla.
- b. Usando PMO varios modos de falla se unen y se analizan en conjunto, mientras que RCM analiza cada modo de falla por separado.
- c. Con PMO el análisis detallado de las funciones es un paso opcional. La función del equipo se determina en el análisis de consecuencias de falla, ya que en definitiva la pérdida de la función es la consecuencia de cualquier falla. (Turner, 2016)

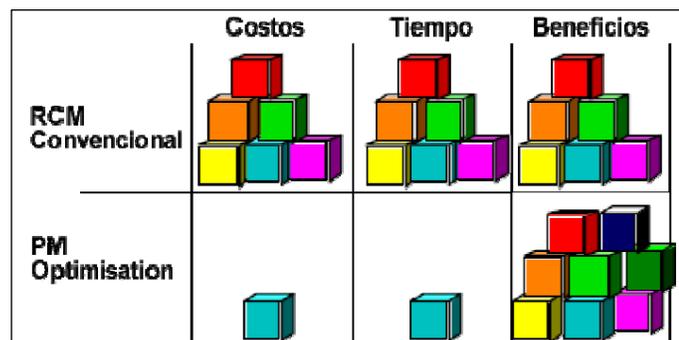


Figura 5.1.3. Beneficios de PMO

Fuente: (Turner, 2016)

5.1.3 Análisis de los modos de falla.

Según Turner, el diseño del equipo y la forma como opera determina el tipo y la probabilidad de los modos de falla. Cuando se analizan los modos de falla generados estos se pueden clasificar de acuerdo con:

- a. La probabilidad de falla.
- b. Las consecuencias de la falla.
- c. Lo práctico y viable que resulte prevenir la falla.

Es muy común que al estudiar los diferentes modos de fallas se encuentre con la particularidad de que la mayoría resulte en la recomendación de “No se programan actividades de mantenimiento”, debido a que la probabilidad de falla es muy poco probable, que las consecuencias resultantes del modo de falla, no amerita una intervención o que la única manera de prevenirla resulta más costosa que prevenir la misma.

Según la experiencia de muchas industrias y expertos en RCM, han llegado a la conclusión de que en promedio el 80% de los modos de fallas analizados concluyen con la “no programación de mantenimiento”, especialmente cuando se cuenta con equipos electrónicos como PLC. (Turner, 2016)

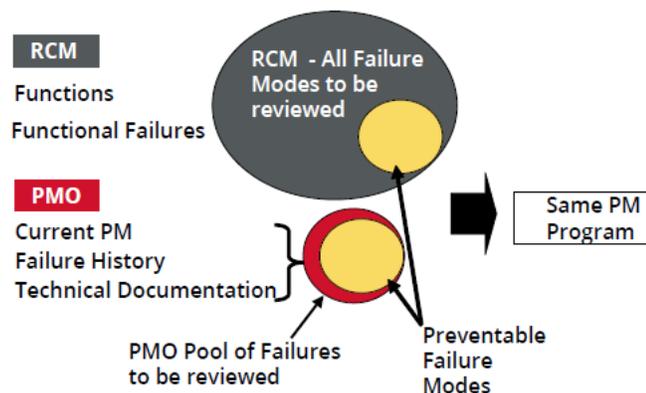


Figura 5.1.4. Comparación de resultados entre RCM y PMO.

Fuente: (Turner, 2016)

Siempre es recomendable realizar un análisis más profundo si existen dudas sobre el funcionamiento de los equipos, ya que se pueden obviar modos de fallas importantes o que pueden resultar en fallas ocultas que generen consecuencias graves al activo. Por tal motivo, en caso de duda, se puede realizar una revisión y valoración de la documentación técnica que permita determinar situaciones peligrosas en los equipos.

5.2 Metodología PMO

5.2.1 Paso 1. Recopilación de tareas

Como primer paso se realiza una recopilación de las tareas de mantenimiento del programa existente ya sea formal o informal, es importante consultar a los operadores de los equipos y técnicos encargados de revisar las máquinas periódicamente, debido a que estos son los que más conocen los equipos y muchas veces realizan actividades que no se encuentran documentadas en las rutinas.

Existen distintas fuentes de información para ejecutar los planes de mantenimiento, como se muestran en la siguiente figura.



Figura 5.2.1. Fuentes de información del mantenimiento preventivo.

Fuente: (Turner, 2016), Elaborado con Microsoft Word 2013.

5.2.2 Paso 2. Análisis de Modos de Falla

En este paso se deben identificar los modos de fallos asociados que existen en las tareas que se ejecutan, es decir, relacionar qué se busca prevenir realizando un estudio profundo de los sistemas y equipos. Es importante involucrar al personal de la planta encargada de velar por los equipos estudiados, debido a que en esta etapa es importante detectar todos aquellos modos de fallo, considerados importantes y la experiencia del personal y su amplio conocimiento en los procesos productivos de la planta, facilitan esta labor. En el siguiente cuadro se corrobora de manera simple el proceso por seguir.

Tabla 5.2.1. Ilustración del análisis de modos de falla

Tarea	Frecuencia	Especialidad	Modo de falla
Tarea 1	Diaria	Autónomo	Falla A
Tarea 2	Semanal	Autónomo	Falla B
Tarea 3	Semanal	Eléctrico	Falla C
Tarea 4	Mensual	Mecánico	Falla B
Tarea 5	Semestral	Mecánico	Falla C

Fuente: Elaboración propia con Microsoft Word 2013.

5.2.3 Paso 3. Racionalización y revisión de los Modos de Falla

En este paso, se procede a ordenar la información la cual permitirá identificar de manera más fácil la duplicación de tareas; principalmente, entre diferentes especialidades. Muchas veces es una práctica común, pero al final, generan mayor carga de trabajo; con esta simple revisión se puede detectar tal duplicidad de funciones, que al ser eliminadas, favorece que la disponibilidad del recurso humano aumente y pueda ser aprovechado en tareas que incrementen la productividad de la compañía. En este paso también es posible identificar las faltas por prevenir, de acuerdo con el historial de fallas y experiencia del equipo de trabajo; asimismo, se puedan definir nuevos modos de fallas no detectados anteriormente.

Tabla 5.2.2. Ilustración del paso 3.

Tarea	Frecuencia	Especialidad	Modo de falla
Tarea 1	Diaria	Autónomo	Falla 1
Tarea 5	Semestral	Mecánico	Falla 1
Tarea 2	Semanal	Autónomo	Falla 2
Tarea 4	Mensual	Mecánico	Falla 2
Tarea 3	Semanal	Eléctrico	Falla 3
			Falla 4

Fuente: Elaboración propia con Microsoft Word 2013.

5.2.4 Paso 4. Análisis funcional

Este paso se considera opcional y podría ser necesario en equipos críticos donde el grado de complejidad y análisis es mayor; al respecto, es fundamental comprender el contexto en que opera el equipo. Para las máquinas poco críticas este paso involucra mayor tiempo de análisis y costos relacionados; sin embargo, no añade beneficios como para justificar su realización.

Tabla 5.2.3. Ilustración del paso 4

Tarea	Frecuencia	Especialidad	Modo de falla	Falla funcional
Tarea 1	Diaria	Autónomo	Falla 1	Función 1
Tarea 5	Semestral	Mecánico	Falla 1	
Tarea 2	Semanal	Autónomo	Falla 2	Función 2
Tarea 4	Mensual	Mecánico	Falla 2	
Tarea 3	Semanal	Eléctrico	Falla 3	Función 3
			Falla 4	Función 1

Fuente: Elaboración propia con Microsoft Word 2013.

5.2.5 Paso 5. Evaluación de consecuencias.

Se analizan las consecuencias de cada modo de fallo y se determina si tienen implicaciones de fallos ocultas o evidentes; en caso de que se presenten estas últimas, se realiza un análisis de riesgos y consecuencias operacionales.

Tabla 5.2.4. Ilustración del paso 5

Tarea	Especialidad	Modo de falla	Falla funcional	Consecuencias
Tarea 1	Autónomo	Falla 1	Función 1	Operación
Tarea 5	Mecánico	Falla 1		
Tarea 2	Autónomo	Falla 2	Función 2	Ocultas
Tarea 4	Mecánico	Falla 2		
Tarea 3	Eléctrico	Falla 3	Función 3	Operación
		Falla 4	Función 1	Seguridad

Fuente: Elaboración propia con Microsoft Word 2013.

5.2.6 Paso 6. Definición de las políticas de mantenimiento.

Según Turner (2016), este paso es muy importante ya que definirá el alcance del estudio realizado y las acciones por realizar de acuerdo con el análisis previo. Es importante señalar que esta etapa se analiza bajo los principios del mantenimiento centrado en confiabilidad, considerando los siguientes factores:

- a. Cuáles actividades ejecutadas en el actual programa de mantenimiento presentan costo eficiente y las que no, se eliminan.
- b. Se evalúa la posibilidad de implementar el mantenimiento basado en condición, con el propósito de aumentar su efectividad y reducir costos.
- c. Qué tareas no aportan beneficios y cuáles se deben eliminar.
- d. Cuáles fallas se manejarían mejor, mediante el uso de dispositivos tecnológicos.
- e. Qué tipo de información se debe recolectar para predecir de algún modo, fallas específicas.
- f. Cuáles fallas requieren un análisis de Causa Raíz.

Tabla 5.2.5. Ilustración del paso 6

Modo de falla	Análisis funcional	Consecuencia	Política	Frecuencia
Falla 1	Función 1	Operación	Inspeccionar	Semanal
Falla 2	Función 2	Ocultas	Basado en condición	Semestral
Falla 3	Función 3	Operación	Sin acción	
Falla 4	Función 1	Seguridad	Inspeccionar	Diaria

Fuente: Elaboración propia con Microsoft Word 2013.

5.2.7 Paso 7. Agrupación y revisión

En el paso de la agrupación y revisión se establecen los métodos más efectivos para administrar el mantenimiento, considerando las limitantes que podrían presentarse en la producción.

5.2.8 Paso 8. Aprobación e implementación

Este es uno de los pasos más importantes ya que se deben dar la aprobación general del programa e implementar la cultura de mantenimiento en el caso de que no existan bases sólidas en este apartado. Se le debe dar el seguimiento oportuno para que la implementación resulte exitosa.

5.2.9 Paso 9. Programa dinámico

Como etapa final del proceso, se logró establecer una estructura que permitirá a la compañía ejercer mayor control del equipo en el Departamento de Mantenimiento. Se trata de aumentar el mantenimiento planificado y disminuir el mantenimiento reactivo; en consecuencia, traerá beneficios en la competitividad de la empresa, aumentando el tiempo de operación de los equipos y logrando la reducción de costos. Es importante dar seguimiento a los equipos, mediante el control de indicadores y evaluación periódica para el mejoramiento continuo.

CAPITULO 6. RESULTADOS DE PMO

Para el desarrollo de este proyecto se contó con la colaboración del siguiente personal encargado del área de mantenimiento.

Tabla 5.2.1. Equipo de trabajo

Nombre	Cargo
Víctor Navarro	Gerente de Mantenimiento
Guido Alpizar	Coordinador Mecánico
Jesús Batista	Coordinador Eléctrico
Rodolfo Briones	Jefe de Taller Mecánico
Giovanni López	Supervisor Eléctrico e Instrumentación
Manuel Marchena	Supervisor Mecánico

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Word 2013.

A este equipo humano de trabajo se consultó acerca de cada acción que realizan, se tomó la decisión de analizar los dos equipos principales a pesar de que la empresa ya los considera críticos, debido a que en el molino y en el horno se ejecuta el 66% de las tareas de mantenimiento y alrededor del 75% del presupuesto del mantenimiento preventivo, por lo que la optimización de las actividades relacionadas con estos equipos, reducirán considerablemente los costos de mantenimiento, si bien es cierto, algunos de los equipos ya poseen estudios de RCM, además de que la planta tiene máquinas nuevas como es el caso del reductor principal del molino de crudo y que aún se encuentra en garantía del fabricante, es muy importante tener estos equipos trabajando en su máxima eficiencia sin que se produzcan averías que mermen la producción.

6.1 Optimización en sección de molienda de crudo

6.1.1 Molino de Crudo

El molino de crudo es un activo crítico para la compañía, no solo por el costo total del activo, sino también por la relevancia que tiene para el proceso, el molino de crudo es el encargado de molturar la piedra caliza, arcilla y el mineral de hierro, previamente dosificados, para producir harina de crudo, que es la materia prima para la producción del clinker, principal componente del cemento y sus variantes. CEMEX Planta Colorado en conjunto con la planta molienda de cemento en Patarrá cuenta con una capacidad instalada alrededor de 800 000 toneladas de clinker anuales, el molino vertical de rodillos posee una capacidad de producción aproximadamente de 1 000 000 de toneladas de harina de crudo por año.

Como se aprecia, este equipo es esencial para la planta ya que no cuenta con un respaldo o equipo en línea capaz de mantener la producción. Se estima que la planta puede operar alrededor de 24 horas si los silos se encuentran llenos, por lo que el tiempo de respuesta para atender una avería crítica, no es suficiente considerando las dimensiones y dificultad de los trabajos por realizar. Durante el análisis de los procedimientos se detectó procedimientos de máquinas fuera de servicio que en algunas ocasiones, dependiendo del ejecutor se prestan para confusión y por lo tanto, surge la duplicidad de funciones. Las actividades eliminadas se encuentran en el Apéndice 7.3.5.

A continuación se presentan los resultados obtenidos, mediante la optimización de las actividades de mantenimiento en este molino. Para mayor información véase Apéndice 7.3.1 y 7.3.2



Figura 6.1.1. Molino vertical de rodillos. Imagen con fines ilustrativos.

Fuente: Obtenida de internet de FLSmidth

Tabla 6.1.1. Resumen de actividades molino de crudo

Actividades actuales	28
Modos de falla analizados	22
Actividades eliminadas	3
Frecuencias modificadas	6
Nuevos modos de falla	1
Actividades agregadas	1

Fuente: Elaboración propia.

6.1.2 Motor principal molino de crudo

El motor principal es de 1750 HP, marca WEG conectado a 4160 V y con una velocidad de giro de 714 rpm. Es el encargado de proporcionar potencia al molino para el proceso de molienda. A continuación se muestra el recuento de actividades analizadas. Para más detalles véase Apéndice 7.3.3 y Apéndice 7.3.4.



Figura 6.1.2. Motor principal molino.

Fuente: Tomada en sitio, Planta Colorado CEMEX.

Tabla 6.1.2. Resumen de actividades del motor principal.

Actividades actuales	13
Modos de falla analizados	10
Actividades eliminadas	0
Frecuencias modificadas	3
Nuevos modos de falla	0
Actividades agregadas	0

Fuente: Elaboración propia.

6.1.3 Reductor principal del molino de crudo

El reductor principal es de engranes planetarios marca FLENDER, posee 12 segmentos con lubricación individual, es el encargado de transmitir el torque necesario para que los tres rodillos de 27 toneladas cada uno, puedan molturar el material en una mesa giratoria. Ver Apéndice 7.3.6 y 7.3.7.



Figura 6.1.3. Reductor principal

Fuente: Tomada en sitio, Planta Colorado CEMEX.

Tabla 6.1.3. Resumen de actividades del reductor principal.

Actividades actuales	15
Modos de falla analizados	11
Actividades eliminadas	2
Frecuencias modificadas	0
Nuevos modos de falla	0
Actividades agregadas	0

Fuente: Elaboración propia.

6.1.4 Motor auxiliar del molino de crudo

El motor auxiliar es marca Siemens, con una potencia de 42,5 kW conectado a 460 voltios y posee una velocidad de rotación de 1770 rpm. Se utiliza primordialmente para el giro lento del molino durante la creación de la cama de material, esto para que no haya contacto entre segmentos metálicos de los rodillos y la mesa giratoria. Ver Apéndice 7.3.8 y Apéndice 7.3.9.



Figura 6.1.4. Motor auxiliar del molino

Fuente: Tomada en sitio, Planta Colorado CEMEX.

Tabla 6.1.4. Resumen de actividades del motor auxiliar.

Actividades actuales	7
Modos de falla analizados	4
Actividades eliminadas	1
Frecuencias modificadas	3
Nuevos modos de falla	0
Actividades agregadas	0

Fuente: Elaboración propia.

6.1.5 Sistema de lubricación del reductor principal

El sistema de lubricación del reductor principal está compuesto por cuatro bombas de alta presión con una presión de operación de 250 bares, motor de 4,4 kW para la lubricación de los 12 segmentos del reductor y una bomba de baja presión con motor de 17,2 kW, ambas conectadas a 440 voltios. Ver Apéndice 7.3.10 y Apéndice 7.3.11.



Figura 6.1.5. Sistema de lubricación del reductor principal del molino.

Fuente: Tomada en sitio, Planta Colorado CEMEX.

Tabla 6.1.5. Resumen de actividades del sistema de lubricación

Actividades actuales	21
Modos de falla analizados	7
Actividades eliminadas	0
Frecuencias modificadas	18
Nuevos modos de falla	3
Actividades agregadas	5

Fuente: Elaboración propia.

6.2 Optimización en sección de Horno

6.2.1 Motor principal del horno

El accionamiento principal del horno consta de un motor de 600 HP, de corriente directa, es el encargado de proveer la potencia necesaria para girar al horno para la cocción de 120 toneladas de clinker por hora. Ver Apéndice 7.3.12 y Apéndice 7.3.13.

Tabla 6.2.1. Resumen de actividades en el motor principal del horno

Actividades actuales	18
Modos de falla analizados	16
Actividades eliminadas	2
Frecuencias modificadas	0
Nuevos modos de falla	0
Actividades agregadas	0

Fuente: Elaboración propia.

6.2.2 Motor auxiliar de combustión del horno

El motor auxiliar eléctrico del horno es un motor de 25 HP, de corriente alterna que gira a 1800 rpm y se encarga de girar el horno cuando se realizan trabajos de reparación o funciona como auxiliar cuando la carga del horno dispara el motor principal, posee un clutch auto desembragable que se desacopla cuando alcanza la velocidad de operación. Ver Apéndice 7.3.14 y Apéndice 7.3.15.

Tabla 6.2.2. Resumen de actividades en el motor auxiliar de combustión.

Actividades actuales	26
Modos de falla analizados	15
Actividades eliminadas	10
Frecuencias modificadas	0
Nuevos modos de falla	0
Actividades agregadas	0

Fuente: Elaboración propia.

6.2.3 Transmisores de presión, temperatura en sección de horno.

Se analizan las actividades de los sensores de presión y temperatura, debido a que en conversaciones con el supervisor eléctrico se encontró que estos equipos en algunos casos presentaban frecuencias excesivas y de poco provecho, se analizan y se consulta con el coordinador eléctrico para su reprogramación. Ver Apéndice 7.3.16 y Apéndice 7.3.17.

Tabla 6.2.3. Resumen de actividades en transmisores del horno.

Actividades actuales	19
Modos de falla analizados	4
Actividades eliminadas	0
Frecuencias modificadas	19
Nuevos modos de falla	0
Actividades agregadas	0

Fuente: Elaboración propia.

CAPITULO 7. ANÁLISIS ECONÓMICO

7.1 Ahorros en sección de molienda

Como se observó en la sección 6.1, la eliminación, modificación de procedimientos de mantenimiento y el cambio de frecuencia para la ejecución de las tareas de acuerdo con el histórico de fallas de la máquina. Permite reducir el tiempo invertido por la empresa por concepto de mantenimiento preventivo; al hacer esto, el Departamento de Mantenimiento puede redirigir el recurso humano y económico a atender otras eventualidades que podrían suscitarse. A continuación se muestra el recuento general del ahorro obtenido durante el análisis de las máquinas de molienda de crudo.

Tabla 7.1.1. Distribución de las rutinas de mantenimiento por especialidad.

Especialidad	Cantidad
Mecánicas	10
Eléctricas	3
Autónomo	5
Instrumentación	8
Predictivo	3
Total	29

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7.1.2. Ahorros por optimización de sección de molienda.

Cantidad de rutinas analizadas	29
Cantidad de horas hombre anuales actuales	2470
Cantidad de horas hombre disminuidas	472
Costos anuales en preventivo en sección	¢9,443,973
Ahorro anual por optimización	¢1,771,888
Porcentaje del ahorro	18,76%

Fuente: Elaboración propia.

7.2 Ahorros en sección de horno

Al analizar el accionamiento del horno se encontró que algunas frecuencias no eran las adecuadas, debido a que se volvían repetitivas y sin mucho beneficio para la empresa, se logra con la reducción en las labores de mantenimiento preventivo, sin comprometer la confiabilidad y disponibilidad del horno.

Tabla 7.2.1. Distribución de las rutinas de mantenimiento por especialidad.

Especialidad	Cantidad
Mecánicas	9
Eléctricas	4
Autónomo	7
Instrumentación	5
Predictivo	4
Total	29

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7.2.2. Ahorros por optimización de sección de molienda.

Cantidad de rutinas analizadas	29
Cantidad de horas hombre anuales actuales	1283
Cantidad de horas hombre disminuidas	113
Costos anuales en preventivo en sección	¢4,829,077
Ahorro anual por optimización	¢ 424,202
Porcentaje del ahorro	8.78%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7.2.3. Ahorro total por optimización

Horas hombre antes de optimización	3753
Horas Hombre después de optimización	3168
Porcentaje de reducción en horas hombre	15,58%
Ahorro económico total	¢ 2,196,090

Fuente: Elaboración propia.

En los datos de la tabla anterior, no se muestra el detalle de los costos totales asociados al mantenimiento de la planta, debido a que requieren confidencialidad. Todas las actividades realizadas y el estudio del mantenimiento, ya fueron implementadas y modificadas en el sistema SAP por lo que se espera que a corto plazo se aprecien los beneficios. Con esto se observa cómo a pesar de que la gestión del mantenimiento en la planta es muy buena, mediante el análisis con PMO se pueden encontrar puntos de mejora. Cabe resaltar que este método de revisión fue aplicado a una cantidad limitada de equipos, sin embargo, de acuerdo con los resultados obtenidos, se observan los posibles beneficios si se implementa en su totalidad en toda la planta, en secciones como materias primas, molienda de coque, combustibles alternos, molienda de cemento y envase.

7.3 Recuperación del proyecto

Considerando el alcance del proyecto y los beneficios obtenidos al optimizar la gestión del mantenimiento en CEMEX Planta Colorado, considerando que los gastos en que se incurre en el proyecto son de ¢900,000 y que el ingreso anual por concepto del beneficio económico del ahorro es de ¢2, 196,090, con una tasa de descuento del 10%; como mínimo para este proyecto se obtiene un valor de VAN de ¢1, 096,445.45 con una tasa interna de retorno (TIR) de 144%. El periodo de recuperación del dinero invertido es de 150 días.

Al analizar el valor del VAN obtenido y al ser positivo, el proyecto se sostiene por sí mismo y además de cubrir los costos de implementación se obtienen ganancias de ¢1, 096,445.45 para un periodo de un año. En cuanto al valor de TIR para este proyecto se concluye que la tasa de retorno sobrepasa la estimada, por lo que a largo plazo con la optimización se logra una reducción considerable de los costos de mantenimiento para estos equipos analizados.

CONCLUSIONES

- a. De acuerdo con la evaluación realizada con la norma COVENIN 2500 se obtiene una calificación global de 97,60%, se considera que la gestión del mantenimiento en CEMEX Planta Colorado es muy buena.
- b. Las debilidades encontradas en la evaluación, según COVENIN relacionadas con el mantenimiento rutinario, programado y preventivo se mejoran a lo largo del desarrollo de este proyecto.
- c. El método de Criticidad Total por Riesgo permite establecer la jerarquización de los equipos de acuerdo con su impacto en la producción; de esta manera se establecen las bases para el análisis de optimización realizado con PMO.
- d. Por medio de PMO se logran actualizar los manuales de mantenimiento existentes del molino de crudo y accionamiento del horno, reduciendo en total 585 horas hombre anuales y con un ahorro económico de 2 196 090 colones anuales.
- e. Se obtiene que el proyecto es rentable al obtener un VAN de ₡1, 096,445 y una tasa de retorno del proyecto de 144% para un periodo de un año. El lapso de recuperación del proyecto es de 150 días.
- f. De acuerdo con el análisis de órdenes de trabajo en los equipos, se encuentra que la lubricación no es un punto débil de la compañía, debido a que la frecuencia de fallas relacionadas con este aspecto son poco probables, trimestralmente la compañía utiliza técnicas predictivas como análisis de aceites a reductores y sistemas de lubricación para monitorear la condición de los equipos.

RECOMENDACIONES

Se recomienda implementar la lubricación basada en condición con ultrasonido en el engrase de los equipos; hace algunos años se realizaron estudios con esta técnica para definir las frecuencias óptimas de lubricación; sin embargo, las condiciones de operación de la planta han cambiado con los años y la capacidad de producción ha aumentado considerablemente, por lo que un nuevo estudio en este aspecto podría revelar una gran oportunidad en la reducción de costos por concepto de lubricación.

Se importante revisar las recomendaciones del proveedor de lubricantes, debido a que pueden incrementar los costos de mantenimiento en este aspecto.

Se recomienda la revisión de las rutinas de mantenimiento en las secciones de molienda de coque, cemento y envase, debido a que según las experiencias de los supervisores existen rutinas que deben ser actualizadas.

BIBLIOGRAFÍA

- CEMEX. (junio de 2016). *Como hacemos cemento*. Obtenido de <http://www.cemex.com/ES/ProductosServicios/ComoHacemosCemento.aspx>
- CEMEX. (2016). Organigrama Mto CEMEX. Colorado , Abangares, Costa Rica.
- CEMEX Costa Rica. (junio de 2016). *Perfil de la compañía*. Obtenido de <http://www.cemexcostarica.com/AcercaCemex/PerfilCompania.aspx>
- COVENIN. (1993). *COVENIN 2500-93, Manual para evaluar los sistemas de mantenimiento en la industria. Mantenimiento (1era Revisión)*. Caracas, Venezuela: Fondonorma. ISBN: 980-06-1227-0.
- COVENIN. (1993). *COVENIN 3049-93, Mantenimiento. Definiciones*. Caracas, Venezuela: Fondonorma. ISBN: 980-06-1228-9.
- Johnson, L. (1995). Improving Equipment Reliability and Plant Efficiency through PM Optimization at Kewaunee Nuclear Power Plant.
- Johnson, L. (2003). *Continuous Improvement with PM Optimization: Lessons Learned from Kewaunee Nuclear Power Plant*. Obtenido de http://reliabilityweb.com/articles/entry/continuous_improvement_with_pm_optimization_lessons_learned_from_kewaunee_n
- Komljenovic, D., Paraszczak, J., & Kecojevic, V. (2005). Possibilities for optimization of reliability and maintenance in mining operations based on experience in nuclear industry. *Mine Planning and Equipment Selection 2005*, 632-645.
- Moubray, J. (2004). *Mantenimiento centrado en confiabilidad*. Gran Bretaña: Aladon Ltda.

Parra Márquez, C., & Crespo Márquez, A. (Setiembre de 2012). *Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad aplicadas en el proceso de Gestión de Activos*. Sevilla: INGEMAN. ISBN: 978-84-95499-67-7.

Turner, S. (2016). *PM Optimisation, Maintenance Analysis of the future*. Obtenido de OMCS International:
http://www.omcsinternational.com/file/467/1/Where_to_Use_RCM_and_Where_to_Use_PMO2000%C2%AE_.pdf

APENDICES

Apéndice 7.3.1. Recopilación de tareas Molino de Crudo 221-06.

GFH	Descripción	Plan	Texto Posición Mantenimiento	Procedimiento	Frecuencia	Puesto. Trabajo	ID. Actividad
221-06	RODILLOS DE MOLTURACION	CO401003	ARXXX030, RUTA,CRUDO,AUT,SEM	ENGRASAR LOS RETENES DE LOS RODILLOS DE MOLIENDA. OBSERVAR EL NIVEL DE ACEITE DE LOS RODILLOS DE MOLIENDA.	Semanal	AUT	1
221-06	MOLINO ALLIS CHALMERS	CO401004	ARXXX064, RUTA,CRUDO,AUT,TURNO	1.INSPECCIONAR, REVISAR POR RUIDO, VIBRACIÓN Y FUGAS	Turno	AUT	2
221-06	PRESION DIFERENCIAL DEL MOLINO	CO401008	IRXXX004, RUTA,CRUDO,INST,SEMANAL-MARCHA	1. CON AIRE A PRESION LIMPIAR LAS OBSTRUCCIONES DE LOS CONDUCTOS.	Semanal	INS	3
221-06	SISTEMA DE ATOMIZACIÓN DE AGUA	CO401008	IRXXX004, RUTA,CRUDO,INST,SEMANAL-MARCHA	1. REVISAR LOS PRESOSTATOS DE AGUA Y AIRE.	Semanal	INS	4
221-06	SISTEMA DE ATOMIZACIÓN DE AGUA	CO401008	IRXXX004, RUTA,CRUDO,INST,SEMANAL-MARCHA	2. REVISAR LA VÁLVULA DE APERTURA DE AGUA Y AIRE.	Semanal	INS	5
221-06	SISTEMA DE ATOMIZACIÓN DE AGUA	CO401008	IRXXX004, RUTA,CRUDO,INST,SEMANAL-MARCHA	3. REVISAR EL MOTOR DE LA BOMBA Y ESTADO DE CABLES.	Semanal	INS	6

221-06	SISTEMA DE ATOMIZACIÓN DE AGUA	CO401008	IRXXX004, RUTA,CRUDO,INST,SEMANAL-MARCHA	4. VERIFICAR QUE NO EXISTA RUIDOS EXTRAÑOS.	Semanal	INS	7
221-06	SISTEMA DE ATOMIZACIÓN DE AGUA	CO401008	IRXXX004, RUTA,CRUDO,INST,SEMANAL-MARCHA	5. REVISAR EL FUNCIONAMIENTO DEL FLUJOMETRO DIGITAL, VERIFICAR LA SEÑAL DE 4-20 mA	Semanal	INS	8
221-06	PDT333.CR-->PRESIÓN DIF. MOL. CRUDO	CO401010	IS633005, RUTA,CRUDO,INST,ANUAL	1. LIMPIEZA MEDIANTE BROCHA DEL INTERIOR DEL TRANSMISOR. 2. COMPROBAR LA CORRESPONDENCIA ENTRE LA PRESIÓN DE ENTRADA Y LA LECTURA DEL CALIBRADOR MODCAL. 3. EN CASO DE HABER DIFERENCIA EN LA COMPROBACION CALIBRAR SEGUN PARAMETRO INDICADO EN EL EQUIPO. 4. REAPRETAR BORNERAS DE CONEXIÓN. 5. COMPROBAR HERMETICIDAD DE LA CAJA.	Anual	INS	9
221-06	PT332.CR-->PRES.CUERPO SUPERIOR MOL	CO401010	IS633005, RUTA,CRUDO,INST,ANUAL	1. LIMPIEZA MEDIANTE BROCHA DEL INTERIOR DEL TRANSMISOR. 2. COMPROBAR LA CORRESPONDENCIA ENTRE LA PRESIÓN DE ENTRADA Y LA LECTURA DEL CALIBRADOR MODCAL. 3. EN CASO DE HABER DIFERENCIA EN LA COMPROBACION CALIBRAR SEGUN PARAMETRO INDICADO EN EL EQUIPO. 4. REAPRETAR BORNERAS DE CONEXIÓN. 5. COMPROBAR HERMETICIDAD DE LA CAJA.	Anual	INS	10
221-06	PT334.CR-->PRES. ENTRADA MOLINO	CO401010	IS633005, RUTA,CRUDO,INST,ANUAL	1. LIMPIEZA MEDIANTE BROCHA DEL INTERIOR DEL TRANSMISOR. 2. COMPROBAR LA CORRESPONDENCIA ENTRE LA PRESIÓN DE ENTRADA Y LA LECTURA DEL CALIBRADOR MODCAL. 3. EN CASO DE HABER DIFERENCIA EN LA COMPROBACION CALIBRAR SEGUN PARAMETRO INDICADO EN EL EQUIPO. 4. REAPRETAR BORNERAS DE CONEXIÓN. 5. COMPROBAR HERMETICIDAD DE LA CAJA.	Anual	INS	11
221-06	PT385.CR-->PRESIÓN SALIDA MOLINO	CO401010	IS633005, RUTA,CRUDO,INST,ANUAL	1. LIMPIEZA MEDIANTE BROCHA DEL INTERIOR DEL TRANSMISOR. 2. COMPROBAR LA CORRESPONDENCIA ENTRE LA PRESIÓN DE ENTRADA Y LA LECTURA DEL CALIBRADOR MODCAL. 3. EN CASO DE HABER DIFERENCIA EN LA COMPROBACION CALIBRAR SEGUN PARAMETRO INDICADO EN EL EQUIPO. 4. REAPRETAR BORNERAS DE CONEXIÓN. 5. COMPROBAR HERMETICIDAD DE LA CAJA.	Anual	INS	12
221-06	TT325.CR TEMP. GASES SAL. MOLINO	CO401014	IW636006, RUTA,CRUDO,INST,BIMENSUAL	1. LIMPIEZA DE LA CAJA DEL TRANSMISOR Y DE LA CABEZA DEL TERMOPAR. 2. COMPROBAR ESTADO DE CABLES DE CONEXIÓN Y PRENSAESTOPAS. 3. COMPROBAR ESTADO INTERIOR DE LA CABEZA DE CONEXIÓN. 4. COMPROBAR HERMETICIDAD DE LA TAPA. 5. COMPROBAR SU POSICIÓN DE TRABAJO Y APRIETE DE LA BRIDA DE FIJACIÓN.	Bimestral	INS	13
221-06	TT335.CR TEMP. GASES ENTR. MOLINO	CO401014	IW636006, RUTA,CRUDO,INST,BIMENSUAL	1. LIMPIEZA DE LA CAJA DEL TRANSMISOR Y DE LA CABEZA DEL TERMOPAR. 2. COMPROBAR ESTADO DE CABLES DE CONEXIÓN Y PRENSAESTOPAS. 3. COMPROBAR ESTADO INTERIOR DE LA CABEZA DE CONEXIÓN. 4. COMPROBAR HERMETICIDAD DE LA TAPA. 5. COMPROBAR SU POSICIÓN DE TRABAJO	Bimestral	INS	14

221-06	RODILLOS DE MOLTURACIÓN	CO401029	MW435002, RUTA,CRUDO,MEC,SEMANAL	7. COMPROBAR ESTADO Y APRIETO DE LOS TORNILLOS DE FIJACIÓN DE LOS SEGMENTOS DE DESGASTE.	Semanal	MEC	15
221-06	RODILLOS DE MOLTURACIÓN	CO401029	MW435002, RUTA,CRUDO,MEC,SEMANAL	8. COMPROBAR EL NIVEL DE ACEITE.(AÑADIR SI ES NECESARIO).	Semanal	MEC	16
221-06	RODILLOS DE MOLTURACIÓN	CO401029	MW435002, RUTA,CRUDO,MEC,SEMANAL	9. COMPROBAR FIJACIÓN Y ENGRASE EN LOS COJINETES DE ARTICULACIÓN DE TRIÁNGULO	Semanal	MEC	17
221-06	RODILLOS DE MOLTURACIÓN	CO401029	MW435002, RUTA,CRUDO,MEC,SEMANAL	10. COMPROBAR SI EL RODILLO TRABAJA CORRECTAMENTE EN LA PISTA DE MOLTURACIÓN.	Semanal	MEC	18
221-06	RODILLOS DE MOLTURACIÓN	CO401029	MW435002, RUTA,CRUDO,MEC,SEMANAL	11. OBSERVAR FUGAS DE ACEITE EN LOS CIERRES, JUNTAS, RETENES, ETC.	Semanal	MEC	19
221-06	RODILLOS DE MOLTURACIÓN	CO401029	MW435002, RUTA,CRUDO,MEC,SEMANAL	12. COMPROBAR LA ALINEACIÓN DE LOS RODILLOS.	Semanal	MEC	20
221-06	PISTA MOLTURADA	CO401029	MW435002, RUTA,CRUDO,MEC,SEMANAL	13. COMPROBAR ESTADO Y APRIETO DE LOS TORNILLOS DE FIJACIÓN DE LAS PLACAS DE DESGASTE. 14. COMPROBAR JUNTAS DE ESTANQUEDAD. 16. COMPROBAR LECHO DE MATERIAL PARA EVITAR DESGASTE DE SEGMENTO Y PLACAS.	Semanal	MEC	21

221-06	MOLINO VERTICAL DE CRUDO	CO401033	PSXXX012, Ruta, PND, Mol.Crudo, Anual	<p>1. ANTES DE INICIAR LA INSPECCION, PREPARE EL EQUIPO A INSPECCIONAR SEGUN CORRESPONDA (QUITAR TAPAS, COVERTORES, HACER LIMPIEZA, ELIMINAR GRASA O OXIDACION, ETC.). 2. REALIZAR UNA INSPECCION VISUAL DE TODO EL EQUIPO, CON EL PROPOSITO DE DETECTAR FALLAS VISIBLES. IDENTIFICAR CON MARCADOR DE METAL, CUALQUIER DEFECTO LOCALIZADO O UN POSIBLE DEFECTO PARA SER INSPECCIONADO CON OTRA TECNICA. 3. SELECCIONAR LA PRUEBA A REALIZAR EN CADA UNA DE LAS PARTES DEL EQUIPO DEACUERDO AL PROCEDIMIENTO DE INSPECCION Y LA CONDICION DEL MISMO. 4. IDENTIFICAR CON MARCADOR DE METAL, CUALQUIER FISURA O DEFECTO DE FABRICACION DETECTADO DURANTE LA INSPECCION. 5. REALIZAR LA INSPECCION DE LOS EQUIPOS, DEACUERDO A LOS PROCEDIMIENTOS EN REFERENCIA, EN EL MANUAL DE PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS DEL CEMEX WAY. PROCEDIMIENTOS: PECE-05: INSPECCION DE MOLINOS HORIZONTALES DE CRUDO Y CEMENTO. PECE-06: INSPECCION DEL MOLINO VERTICAL DE CRUDO. PECE-12: INSPECCION DE VENTILADORES. PCCE-02: INSPECCION DE EJES. PECE-19: INSPECCION DE ELEVADORES. PECE-14: INSPECCION DE SEPARADORES DE AIRE. PECE-08: INSPECCION DE CORONA Y TRANSMISION) 5. REALIZAR UN CROQUIS DEL EQUIPO INSPECCIONADO, DONDE SE INDIQUE LA O LAS PRUEBAS REALIZADAS, ASÍ COMO EL ESTADO DEL EQUIPO. 6. GENERAR LOS REPORTES CORRESPONDIENTES DE LA INSPECCION.</p>	Anual	PRE	22
221-06	MOLINO VERTICAL DE CRUDO	CO401034	PSXXX013, Ruta, PND, Mol. Crudo, Bianual	<p>1. ANTES DE INICIAR LA INSPECCION, PREPARE EL EQUIPO A INSPECCIONAR SEGUN CORRESPONDA (QUITAR TAPAS, COVERTORES, HACER LIMPIEZA, ELIMINAR GRASA O OXIDACION, ETC.). 2. REALIZAR UNA INSPECCION VISUAL DE TODO EL EQUIPO, CON EL PROPOSITO DE DETECTAR FALLAS VISIBLES. IDENTIFICAR CON MARCADOR DE METAL, CUALQUIER DEFECTO LOCALIZADO O UN POSIBLE DEFECTO PARA SER INSPECCIONADO CON OTRA TECNICA. 3. SELECCIONAR LA PRUEBA A REALIZAR EN CADA UNA DE LAS PARTES DEL EQUIPO DEACUERDO AL PROCEDIMIENTO DE INSPECCION Y LA CONDICION DEL MISMO. 4. IDENTIFICAR CON MARCADOR DE METAL, CUALQUIER FISURA O DEFECTO</p>	Bianual	PRE	23
221-06	RODILLOS DE MOLTURACIÓN	CO431001	AW435001, M.CRUDO,AUT,DIARIA	21. OBSERVAR RUIDOS EXTRAÑOS, VIBRACIONES, MOVIMIENTOS, ETC.	DIARIA	AUT	24
221-06	MOLINO VERTICAL DE CRUDO	CO431001	AW435001, M.CRUDO,AUT,DIARIA	23. COMPROBAR INDICACIÓN DE MATERIAL.	DIARIA	AUT	25

221-06	RODILLOS DE MOLTURACIÓN	CO431004	MS435004, MOLINO CRUDO,MEC,SEMESTRAL	9. COMPROBAR DESGASTE DE LOS SEGMENTOS CON PLANTILLA(COMPROBAR Y VER EL RITMO DE DESGASTE PARA PREVENIR CON TIEMPO CAMBIO O DAR LA VUELTA). 11. COMPROBAR DESGASTE DE LAS CHAPAS DEL FORRO(PROTECTORE).12. COMPROBAR EL DESGASTE DE LAS PLACAS DE MOLTURACIÓN CON PLANTILLA(HACER IGUAL COMPARACIÓN A LOS SEGMENTOS DE RODILLOS). 13. COMPROBAR EL DESGASTE DE LA CHAPA INTERIOR. 14. COMPROBAR LIMPIEZA Y CHAPAS RASTRILLOS BAJO LA PISTA DE MOLTURACIÓN(DESGASTE).	SEMESTRAL	MEC	26
221-06	MOLINO VERTICAL DE CRUDO	CO431004	MS435004, MOLINO CRUDO,MEC,SEMESTRAL	15. OBSERVAR BASE SIMÉTRICA DE CONCRETO, MOVIMIENTO Y DE DESALINEACIÓN DE LA MÁQUINA	SEMESTRAL	MEC	27
221-06	PISTA MOLTURADA	CO431005	PSXXX021, MOLINO,PRED, ANUAL	1- COMPARAR EL PERFIL DE DESGASTE DE LOS SEGMENTOS DE LA PISTA. 2- MEDIR EL ESPESOR DE LOS SEGMENTOS DE LA PISTA. 3. MEDIR EL ESPESOR DE LOS SEGMENTOS DE LOS 3 RODILLOS. NOTA: ANOTAR DATOS E INFORMACIÓN IMPORTANTE EN INFORME DE LA INSPECCIÓN.	Bianual	PRE	28

Apéndice 7.3.2. Definición de políticas y frecuencias modificadas, Molino de Crudo 221-06.

ID. Actividad	ID. Modo Falla	Modos de falla	Falla funcional	Consecuencias	Política de mantenimiento	Cambio de Frecuencia
1	A	Rodillo trabado por falla de lubricación o contaminación del aceite (sellos dañados, falla aire sellado)	No es capaz de moltrar hasta 155 toneladas por hora de materia prima que consiste en la mezcla de caliza, arcilla y mineral de hierro con una granulometría de 80,5%.	En caso de daño al rodillo, se debe detener el equipo ocasionando pérdidas totales a la producción debido a que los tiempos de reparación superan las 60 horas de trabajo, el horno tiene autonomía para trabajar 24 horas con el molino parado.	Sin cambios en las actividades realizadas	Semanal
16	A	Rodillo trabado por falla de lubricación o contaminación del aceite (sellos dañados, falla aire sellado)	No es capaz de moltrar hasta 155 toneladas por hora de materia prima que consiste en la mezcla de caliza, arcilla y mineral de hierro con una granulometría de 80,5%.	En caso de daño al rodillo, se debe detener el equipo ocasionando pérdidas totales a la producción debido a que los tiempos de reparación superan las 60 horas de trabajo, el horno tiene autonomía para trabajar 24 horas con el molino parado.	Eliminar actividad	
19	A	Rodillo trabado por falla de lubricación o contaminación del aceite (sellos dañados, falla aire sellado)	No es capaz de moltrar hasta 155 toneladas por hora de materia prima que consiste en la mezcla de caliza, arcilla y mineral de hierro con una granulometría de 80,5%.	En caso de daño al rodillo, se debe detener el equipo ocasionando pérdidas totales a la producción debido a que los tiempos de reparación superan las 60 horas de trabajo, el horno tiene autonomía para trabajar 24 horas con el molino parado.	Eliminar actividad	
2	B	Paro motor por alta vibración del reductor principal y del Molino. Entradas de aire falso en el molino o ductos de entrada y salida del molino.	No es capaz de moltrar hasta 155 toneladas por hora de materia prima que consiste en la mezcla de caliza, arcilla y mineral de hierro con una granulometría de 80,5%.	Cuando se detecta una vibración anormal en el reductor o molino se da una alarma en sala central, si se exceden los parámetros establecidos de vibración máxima, el motor del molino se detiene y se debe iniciar la secuencia de arranque del molino. Se debe visitar en campo e inspeccionar el motor, el reductor principal, si no se observa nada anormal se procederá a enfriar el molino para una revisión interna de los rodillos y la pista moltrada para determinar la causa de la vibración anormal.	Sin cambios en las actividades realizadas	Turno
24	B	Paro motor por alta vibración del reductor principal y del Molino. Entradas de aire falso en el molino o ductos de entrada y salida del molino.	No es capaz de moltrar hasta 155 toneladas por hora de materia prima que consiste en la mezcla de caliza, arcilla y mineral de hierro con una granulometría de 80,5%.	Los rodillos y la pista moltrada son los encargados de moler la materia prima (combinación de caliza, arcilla y mineral de hierro) entre estos debe existir un espacio llamado "cama" que se encarga de evitar que se de contacto entre las partes metálicas, los segmentos de desgaste tienen una vida útil y pueden ser rellenados por soldadura si se considera oportuno, una falla en los rodillos o pista implican trabajo de alrededor de 60 horas, el horno solamente posee autonomía de funcionamiento con el molino detenido de 24 horas.	Eliminar actividad	
3	C	Medición incorrecta de presión diferencial, entrada de aire falso en tubería.	No es capaz de moltrar hasta 155 toneladas por hora de materia prima que consiste en la mezcla de caliza, arcilla y mineral de hierro con una granulometría de 80,5%.	En sala central indica que una medición anormal de la presión diferencial del molino, se procede a llamar al mecánico de turno a que verifique las tuberías de alta y baja presión.	Sin cambios en las actividades realizadas, se modifica frecuencia	Bimestral

4	D	Presostatos no indican lectura de presión.	No es capaz de enfriar los gases calientes cuando exceden los 120 °C provenientes del aire terciario.	Los presostatos indican una lectura errónea de presión, las bombas no son monitoreadas desde sala central, se debe verificar en el campo que la indicación es correcta.	Sin cambios en las actividades realizadas, se modifica frecuencia	Bimestral
5	E	Sistema de atomización de agua no es capaz de enfriar los gases calientes en la entrada del molino.	No es capaz de enfriar los gases calientes cuando exceden los 120 °C provenientes del aire terciario.	Se le da marcha a la bomba cuando los gases superan los 110 °C, se observa que la temperatura del molino no disminuye, se visita en campo y se observa que no hay caudal en la bomba y que presenta temperatura elevada debido a operar sin líquido, se revisa y se observa que la válvula de entrada se encuentra cerrada.	Sin cambios en las actividades realizadas, se modifica frecuencia	Bimestral
6	F	Bomba de agua no arranca, fallo del molino de crudo por aumento de temperatura de gases.	No es capaz de enfriar los gases calientes cuando exceden los 120 °C provenientes del aire terciario.	Si la bomba no arranca puede ocasionar que el molino de crudo se dispare en caso de que los gases calientes provenientes del aire terciario del horno excedan los 110 °C luego de pasar por la torre de refrigeración de gases.	Sin cambios en las actividades realizadas, se modifica frecuencia	Bimestral
7	G	Desalineamiento del acople de la bomba. Fallo de la bomba por desgaste de rodamientos. Cavitación en la bomba.	No es capaz de enfriar los gases calientes cuando exceden los 120 °C provenientes del aire terciario.	El desalineamiento del acople de la bomba provoca que se de vibración anormal en el equipo.	Sin cambios en las actividades realizadas, se modifica frecuencia	Bimestral
8	H	Lectura incorrecta o fluctuaciones de caudal.	No es capaz de enfriar los gases calientes cuando exceden los 120 °C provenientes del aire terciario.	El flujómetro digital indica una medición de caudal anómala, se procede a verificar que no existan obstrucciones en la entrada y salida de la bomba, se determina que el flujómetro está descalibrado, una mala indicación del caudal de agua inyectada al molino de crudo puede causar que el molino se dispare si los gases aumentan su temperatura a más de 120 °C.	Sin cambios en las actividades realizadas, se modifica frecuencia	Bimestral
9	I	El transmisor emite señales erróneas o se da un falso contacto. La lectura de miliamperios del transmisor fluctúa de manera anómala.	No es capaz de medir la presión diferencial del molino de crudo en un rango de 530 a 750 mmA.	Existe interferencia en la lectura de señales, debido a que en el interior del transmisor hay exceso de humedad o acumulación de polvo, esto ocasiona que se de un falso contacto en el transmisor. Esto puede ocasionar un paro operacional en el molino.	Sin cambios en las actividades realizadas	Anual
10	I	El transmisor emite señales erróneas o se da un falso contacto. La lectura de miliamperios del transmisor fluctúa de manera anómala.	No es capaz de medir la presión del cuerpo superior del molino de crudo en un rango de 0 a 950 mmA.	Existe interferencia en la lectura de señales, debido a que en el interior del transmisor hay exceso de humedad o acumulación de polvo, esto ocasiona que se de un falso contacto en el transmisor. Esto puede ocasionar un paro operacional en el molino.	Sin cambios en las actividades realizadas	Anual
11	I	El transmisor emite señales erróneas o se da un falso contacto. La lectura de miliamperios del transmisor fluctúa de manera anómala.	No es capaz de medir la presión de entrada del molino de crudo en un rango de 30 a 220 mmA.	Existe interferencia en la lectura de señales, debido a que en el interior del transmisor hay exceso de humedad o acumulación de polvo, esto ocasiona que se de un falso contacto en el transmisor. Esto puede ocasionar un paro operacional en el molino.	Sin cambios en las actividades realizadas	Anual

12	I	El transmisor emite señales erróneas o se da un falso contacto. La lectura de miliamperios del transmisor fluctúa de manera anómala.	No es capaz de medir la presión de salida del molino de crudo en un rango de 360 a 1424 mmA.	Existe interferencia en la lectura de señales, debido a que en el interior del transmisor hay exceso de humedad o acumulación de polvo, esto ocasiona que se de un falso contacto en el transmisor. Esto puede ocasionar un paro operacional en el molino.	Sin cambios en las actividades realizadas	Anual
13	J	El transmisor emite señales erróneas debido a suciedad en termopar. El transmisor emite señales erróneas o se da un falso contacto.	No es capaz de medir la temperatura de salida de los gases del molino de crudo en un rango de 85°C a 120 °C.	En sala central indica que una medición anómala de temperatura del molino, se le solicita al eléctrico que procesa a revisar y calibrar si fueses necesario. Existe interferencia en la lectura de señales, debido a que en el interior del transmisor hay exceso de humedad o acumulación de polvo, esto ocasiona que se de un falso contacto en el transmisor. Si la lectura excede el máximo de 120°C el molino se detiene. Ocasionando pérdidas de 155 t/h.	Sin cambios en las actividades realizadas	Bimestral
14	J	El transmisor emite señales erróneas debido a suciedad en termopar. El transmisor emite señales erróneas o se da un falso contacto.	No es capaz de medir la temperatura de entrada de los gases del molino de crudo en un rango de 60 °C a 500 °C	En sala central indica que una medición anómala de temperatura del molino, se le solicita al eléctrico que procesa a revisar y calibrar si fueses necesario. Existe interferencia en la lectura de señales, debido a que en el interior del transmisor hay exceso de humedad o acumulación de polvo, esto ocasiona que se de un falso contacto en el transmisor. Si la lectura excede el máximo de 120°C el molino se detiene. Ocasionando pérdidas de 155 t/h.	Sin cambios en las actividades realizadas	Bimestral
15	K	Falla en los rodillos o pista de molienda por fatiga.	No es capaz de moler hasta 155 toneladas por hora de materia prima que consiste en la mezcla de caliza, arcilla y mineral de hierro con una granulometría de 80,5%.	Los rodillos y la pista molidora son los encargados de moler la materia prima (combinación de caliza, arcilla y mineral de hierro) entre estos debe existir un espacio llamado "cama" que se encarga de evitar que se de contacto entre las partes metálicas, los segmentos de desgaste tienen una vida útil y pueden ser rellenados por soldadura si se considera oportuno, una falla en los rodillos o pista implican trabajo de alrededor de 60 horas, el horno solamente posee autonomía de funcionamiento con el molino detenido de 24 horas.	Sin cambios en las actividades realizadas	Semanal
17	L	Falla en el triángulo (yugo) de los rodillos de molienda	No es capaz de moler hasta 155 toneladas por hora de materia prima que consiste en la mezcla de caliza, arcilla y mineral de hierro con una granulometría de 80,5%.	en caso de que exista alguna anomalía en los cojinetes de articulación el molino podrá seguir funcionando sin embargo la capacidad de producción se verá afectada, ocasionando que se encarezca los costos de producción, esta falla se da por fatiga del material de los cojinetes, las inspecciones se realizan cuando se realizan inspecciones semanales de los rodillos y pueden ser intervenidos en paro mayor o cada vez que cambian los segmentos de desgaste.	Sin cambios en las actividades realizadas	Semanal
18	M	Falla en los rodillos o pista de molienda por fatiga.	No es capaz de moler hasta 155 toneladas por hora de materia prima que consiste en la mezcla de caliza, arcilla y mineral de hierro con una granulometría de 80,5%.	Los rodillos y la pista molidora son los encargados de moler la materia prima (combinación de caliza, arcilla y mineral de hierro) entre estos debe existir un espacio llamado "cama" que se encarga de evitar que se de contacto entre las partes metálicas, los segmentos de desgaste tienen una vida útil y pueden ser rellenados por soldadura si se considera oportuno, una falla en los rodillos o pista implican trabajo de alrededor de 60 horas, el horno solamente posee autonomía de funcionamiento con el molino detenido de 24 horas.	Sin cambios en las actividades realizadas	Semanal

20	N	Alta vibración en los rodillos por desalineamiento al girar en la pista.	No es capaz de moltrar hasta 155 toneladas por hora de materia prima que consiste en la mezcla de caliza, arcilla y mineral de hierro con una granulometría de 80,5%.	Los rodillos y la pista moltrada son los encargados de moler la materia prima (combinación de caliza, arcilla y mineral de hierro) entre estos debe existir un espacio llamado "cama" que se encarga de evitar que se de contacto entre las partes metálicas, los segmentos de desgaste tienen una vida útil y pueden ser rellenados por soldadura si se considera oportuno, una falla en los rodillos o pista implican trabajo de alrededor de 60 horas, el horno solamente posee autonomía de funcionamiento con el molino detenido de 24 horas.	Sin cambios en las actividades realizadas	Semanal
21	O	Paro motor por alta vibración en la pista o placas de desgaste por fatiga	No es capaz de moltrar hasta 155 toneladas por hora de materia prima que consiste en la mezcla de caliza, arcilla y mineral de hierro con una granulometría de 80,5%.	Cuando se detecta una vibración anormal en el reductor o molino se da una alarma en sala central, si se exceden los parámetros establecidos de vibración máxima, el motor del molino se detiene y se debe iniciar la secuencia de arranque del molino. Se debe visitar en campo e inspeccionar el motor, el reductor principal, si no se observa nada anormal se procederá a enfriar el molino para una revisión interna de los rodillos y la pista moltrada para determinar la causa de la vibración anormal.	Sin cambios en las actividades realizadas	Semanal
22	P	Falla de ejes de rodillos por fatiga	No es capaz de moltrar hasta 155 toneladas por hora de materia prima que consiste en la mezcla de caliza, arcilla y mineral de hierro con una granulometría de 80,5%.	Se presenta alta vibración en el molino de crudo debido a vibraciones fuera de los rangos permitidos, y el motor del molino se dispara por seguridad.	Sin cambios en las actividades realizadas	Anual
23	Q	Fallo del housing del rodillo por desgaste o fatiga. Fallo del cuerpo del molino por fatiga o vibración excesiva.	El molino no es capaz de retener los gases y polvo dentro del molino debido a fugas por agrietamiento del cuerpo del molino, Rodillos no son capaces de moltrar hasta 155 t/h por desgaste del housing del rodillo.	Daño a la estructura de los rodillos del molino de crudo, pérdida total en la producción y luego de 24 horas de falla se detiene la planta por bajo inventario de materia prima en el horno.	Sin cambios en las actividades realizadas	Bianual
25	R	Falla de material por atascos en caída a básculas. Fallo de material por atascos en caída a bandas transportadores. Fallo de material por atascos en válvula rotativa. Fallo de material por atascos en rampa caída al molino. Fallo de material por trozo de madera o piedra atravesada en la válvula rotativa.	No es capaz de moltrar hasta 155 toneladas por hora de materia prima que consiste en la mezcla de caliza, arcilla y mineral de hierro con una granulometría de 80,5%.	En sala central se verifica que el tonelaje de alguna báscula es anormal, por lo que se verifica que las tolvas de dosificación se encuentran un atasco ya sea por obstrucción en la salida o por exceso de humedad en el material, en la tolvas hay instalados cañones que se activan de forma periódica para evitar los atascos, sin estos no funcionan se procede a desatascar manualmente, esto implica que el molino debe bajar su tonelaje o detenerse totalmente para que la proporción de caliza, arcilla y mineral de hierro no se vea afectada.	Sin cambios en las actividades realizadas	DIARIA

26	S	Desgaste de placas y segmentos de desgaste en los rodillos molturados, baja eficiencia.	No es capaz de molturar hasta 155 toneladas por hora de materia prima que consiste en la mezcla de caliza, arcilla y mineral de hierro con una granulometría de 80,5%.	Se observa en sala central que el molino de crudo no es capaz de moler hasta 155 T/h, se revisan los resultados de laboratorio de las muestras de cada hora acerca de la composición del material y granulometría y no se observa nada extraño, se determina que la causa es que los segmentos de la pista o rodillos presentan avanzado desgaste por lo que se procede a corregir esta falla, la probabilidad de aparición de la falla no es común y se requieren del cambio de rodillo.	Sin cambios en las actividades realizadas	Semestral
27	T	Falta de estanqueidad del molino, aumento de vibración.	No es capaz de molturar hasta 155 toneladas por hora de materia prima que consiste en la mezcla de caliza, arcilla y mineral de hierro con una granulometría de 80,5%.	Los rodillos y la pista molturada son los encargados de moler la materia prima (combinación de caliza, arcilla y mineral de hierro) entre estos debe existir un espacio llamado "cama" que se encarga de evitar que se de contacto entre las partes metálicas, los segmentos de desgaste tienen una vida útil y pueden ser rellenados por soldadura si se considera oportuno, una falla en los rodillos o pista implican trabajo de alrededor de 60 horas, el horno solamente posee autonomía de funcionamiento con el molino detenido de 24 horas.	Sin cambios en las actividades realizadas	Semestral
28	U	Desprendimiento de placas por desgaste normal de los rodillos y pista molturada.	No es capaz de molturar hasta 155 toneladas por hora de materia prima que consiste en la mezcla de caliza, arcilla y mineral de hierro con una granulometría de 80,5%.	Los rodillos y la pista molturada son los encargados de moler la materia prima (combinación de caliza, arcilla y mineral de hierro) entre estos debe existir un espacio llamado "cama" que se encarga de evitar que se de contacto entre las partes metálicas, los segmentos de desgaste tienen una vida útil y pueden ser rellenados por soldadura si se considera oportuno, una falla en los rodillos o pista implican trabajo de alrededor de 60 horas, el horno solamente posee autonomía de funcionamiento con el molino detenido de 24 horas.	Sin cambios en las actividades realizadas	Bianual
29	V	Obstrucción de las boquillas del sistema de atomización de agua en el molino de crudo	No es capaz de enfriar los gases calientes cuando exceden los 120 °C provenientes del aire terciario.	Las boquillas son incapaces de atomizar agua al molino de crudo por lo que no puede enfriar los gases calientes provenientes del horno, lo que causa que el molino se dispere si alcanza el valor máximo permitido.	Crear rutina de limpieza de boquillas del sistema de atomización	Quincenal

Apéndice 7.3.3. Recopilación de tareas Motor principal Molino de Crudo 221-06.01.

GFH	Descripción	Plan	Texto Posición Mantenimiento	Procedimiento	Frecuencia	Puesto. Trabajo	ID. Actividad
221-06.01	MOTOR PRINCIPAL DEL MOLINO	CO401004	ARXXX064, RUTA,CRUDO,AUT,TURNO	COMPRUEBE LA TEMPERATURA DE LA MÁQUINA CON LA MANO, REPORTE EL EXCESO DE TEMPERATURA EN LA CARCAZA Y EN LOS RODAMIENTOS.	Turno	AUT	1
221-06.01	MOTOR PRINCIPAL DEL MOLINO	CO401004	ARXXX064, RUTA,CRUDO,AUT,TURNO	VERIFICAR LA EXISTENCIA DE VIBRACIONES, RUIDOS EXTRAÑOS, ELEMENTOS FLOJOS.	Turno	AUT	2
221-06.01	MOTOR PRINCIPAL DEL MOLINO	CO401004	ARXXX064, RUTA,CRUDO,AUT,TURNO	VERIFICAR ESTADO DE LIMPIEZA DE LA MÁQUINA Y SUS ALREDEDORES.	Turno	AUT	3
221-06.01	MOTOR PRINCIPAL MOLINO DE CRUDO	CO401005	ERXXX026, RUTA,CRUDO,ELE,SEMANAL-MARCHA	Verificar si el motor tiene ruidos anormales o vibraciones	Semanal	ELE	4
221-06.01	MOTOR PRINCIPAL MOLINO DE CRUDO	CO401005	ERXXX026, RUTA,CRUDO,ELE,SEMANAL-MARCHA	Garantizar limpieza del motor. Comprobar temperatura del motor. Comprobar aspecto exterior de mando local y cableado bx	Semanal	ELE	5
221-06.01	MOTOR MOLINO DE CRUDO	CO401006	ERXXX029, RUTA,CRUDO,ELE,MENSUAL-PARO	1. OBSERVAR ESTADO EXTERIOR, FIJACIÓN, ETC.	Semanal	ELE	6

221-06.01	MOTOR MOLINO DE CRUDO	CO401006	ERXX029, RUTA,CRUDO,ELE,MENSUAL-PARO	2. OBSERVAR LLEGADA DEL CABLE EN PRENSAESTOPAS. 3. OBSERVAR SU CORRECTO FUNCIONAMIENTO. 4. OBSERVAR ESTADO DE LIMPIEZA DEL MISMO.	Semanal	ELE	7
221-06.01	ET314.CR VIBRA.1 MOTOR MOL. CRUDO. ET314A.CR VIBRA.2 MOTOR MOL. CRUDO	CO401013	IW635002, RUTA,CRUDO,INSTR,TRIMES VIBR	1.COMPROBAR ESTANQUEIDAD DE CAJA DE BORNES. 2.REAPRETAR CONEXIONES DE LA CAJA DE BORNERAS. 3.LIMPIEZA EXTERIOR. 4.REAPRETAR BORNERAS DEL SENSOR. 5. VERIFICAR INDICACION EN EL MODULO	Trimestral	INS	8
221-06.01	TT356.CR TEMP.COJ.Ñ1 MOTOR MOLINO TT357.CR TEMP.COJ.Ñ2 MOTOR MOLINO	CO401015	IW636007, RUTA,CRUDO,INST,BIMEN,RTD	1. COMPROBAR ESTADO DE CABLES DE CONEXIÓN Y PRENSAESTOPAS. 2. COMPROBAR ESTADO INTERIOR DE LA CABEZA DE CONEXIÓN. 3. COMPROBAR HERMETICIDAD DE LA TAPA. 4. COMPROBAR SU POSICIÓN DE TRABAJO Y APRIETE DE LA BRIDA DE FIJACIÓN.	Bimestral	INS	9
221-06.01	MOTOR MOLINO DE CRUDO	CO422006	PRXX006, RUTA VIBRAC,CRUDO	1. Cargar ruta en colector de datos. 2. Seleccionar accesorios a utilizar (acelerómetro, sensor de fase, etc.) 3. Ubicar y limpiar punto donde se va a colocar sensor. 4. Colocar sensor asegurándose de que este haga buen contacto con la superficie. 5. Realizar la medición. 6. Repetir procedimiento para cada uno de los puntos.	Mensual	PRE	10
221-06.01	ACOPLE ENTRE MOTOR Y REDUCTOR PRINCIPAL	CO431001	AW435001, M.CRUDO,AUT,DIARIA	10. OBSERVAR RUIDOS EXTRAÑOS Y VIBRACIONES.	DIARIA	AUT	11
221-06.01	TERMORESISTENCIAS RTD, DEVANADOS MOTOR MOLINO COJINETES N°1 Y N°2 MOTOR MOLINO	CO401012	IS636010, RUTA,CRU,INS,ANUAL,RTD	1. REAPRETAR BORNERAS DE CONEXIÓN. 2. COMPROBAR LA SALIDA DEL TRANSMISOR CON LA INDICACIÓN DE SALA CENTRAL UTILIZANDO EL INSTRUMENTO DE CALIBRACION. 3. EN CASO DE HABER DIFERENCIA EN LA COMPROBACION CALIBRAR SEGUN PARAMETRO INDICADO EN EL EQUIPO.	Anual	INS	12
221-06.01	MOTOR PRINCIPAL MOLINO DE CRUDO	CO401036	PS563002, RUTA PREDITIVO AISLAMIENTOS	Medir aislamientos desde el Centro de Control de Motores con los cables conectados al motor, si se presenta bajo aislamiento, medir cables y devanados por separado.	Anual	PRE	13

Apéndice 7.3.4. Definición de políticas y frecuencias modificadas, Motor principal Molino de Crudo 221-06.01.

ID. Actividad	ID. Modo Falla	Modos de falla	Falla funcional	Consecuencias	Política de mantenimiento	Cambio de Frecuencia
1	A	Falla motor por calentamiento de rodamientos, Paro de motor principal por alta temperatura en devanados.	No es capaz de moltrar hasta 155 toneladas por hora de materia prima que consiste en la mezcla de caliza, arcilla y mineral de hierro con una granulometría de 80,5%.	Cuando se da un aumento de temperatura en cojinetes y devanados, en sala central se muestra una alarma de que la temperatura ha superado los límites permitidos y el motor se dispara, todas las maquinas enclavadas a este se detienen, se debe visitar en campo el motor y realizar una inspección, revisar temperaturas y se realiza prueba al sensor de temperatura para descartar que este dañado, en caso de no encontrarse alguna anomalía, se le da marcha al motor, se puede observar el consumo de corrientes del motor y estudiar la tendencia de la misma. Este modo de fallo debe atenderse lo antes posible debido a que detiene el molino de crudo.	Sin cambios en las actividades realizadas	Turno
2	B	Paro motor principal por alta vibración de los cojinetes, Falla del motor principal por quedar en en dos fases.	No es capaz de moltrar hasta 155 toneladas por hora de materia prima que consiste en la mezcla de caliza, arcilla y mineral de hierro con una granulometría de 80,5%.	Cuando se da un aumento de vibración en cojinetes y motor, en sala central se muestra una alarma de que la vibración ha superado los límites permitidos y el motor se dispara, todas las maquinas enclavadas a este se detienen, se debe visitar en campo el motor y realizar una inspección, se realizan prueba al acelerómetro para descartar que este dañado, en caso de no encontrarse alguna anomalía, se le da marcha al motor. Este modo de fallo debe atenderse lo antes posible debido a que detiene el molino de crudo.	Sin cambios en las actividades realizadas	Turno
4	B	Paro motor principal por alta vibración de los cojinetes, Falla del motor principal por quedar en en dos fases.	No es capaz de moltrar hasta 155 toneladas por hora de materia prima que consiste en la mezcla de caliza, arcilla y mineral de hierro con una granulometría de 80,5%.	Cuando se da un aumento de vibración en cojinetes y motor, en sala central se muestra una alarma de que la vibración ha superado los límites permitidos y el motor se dispara, todas las maquinas enclavadas a este se detienen, se debe visitar en campo el motor y realizar una inspección, se realizan prueba al acelerómetro para descartar que este dañado, en caso de no encontrarse alguna anomalía, se le da marcha al motor. Este modo de fallo debe atenderse lo antes posible debido a que detiene el molino de crudo.	Se modifica frecuencia de inspección de motores area crudo	Mensual
10	B	Paro motor principal por alta vibración de los cojinetes.	No es capaz de moltrar hasta 155 toneladas por hora de materia prima que consiste en la mezcla de caliza, arcilla y mineral de hierro con una granulometría de 80,5%.	Cuando se da un aumento de vibración en cojinetes y motor, en sala central se muestra una alarma de que la vibración ha superado los límites permitidos y el motor se dispara, todas las maquinas enclavadas a este se detienen, se debe visitar en campo el motor y realizar una inspección, se realizan prueba al acelerómetro para descartar que este dañado, en caso de no encontrarse alguna anomalía, se le da marcha al motor. Este modo de fallo debe atenderse lo antes posible debido a que detiene el molino de crudo.	Sin cambios en las actividades realizadas	Mensual
3	C	Motor quemado por exceso de polvo.	No es capaz de moltrar hasta 155 toneladas por hora de materia prima que consiste en la mezcla de caliza, arcilla y mineral de hierro con una granulometría de 80,5%.	El motor presenta excesiva suciedad por lo que el ventilador del motor no es capaz de enfriar el motor, se da un aumento en la temperatura y el motor se dispara.	Sin cambios en las actividades realizadas	Turno
5	D	Motor quemado por exceso de polvo, Falla del circuito de control del motor por fusible de control, botonera, protección térmica o del interruptor	No es capaz de moltrar hasta 155 toneladas por hora de materia prima que consiste en la mezcla de caliza, arcilla y mineral de hierro con una granulometría de 80,5%.	El motor presenta excesiva suciedad por lo que el ventilador del motor no es capaz de enfriar el motor, se da un aumento en la temperatura y el motor se dispara.	Se modifica frecuencia de inspección de motores area crudo	Mensual

7	D	Motor quemado por exceso de polvo. Falla del circuito de control del motor por fusible de control, botonera, protección térmica o del interruptor.	No es capaz de moltrar hasta 155 toneladas por hora de materia prima que consiste en la mezcla de caliza, arcilla y mineral de hierro con una granulometría de 80,5%.	La caja de mando del motor se encuentra suelta, los cables bx no están en su lugar y hay cables expuestos con voltajes de 4160 V.	Sin cambios en las actividades realizadas	Semanal
6	E	Paro del motor por alta vibración debido a soltura de sujeción de la bancada.	No es capaz de moltrar hasta 155 toneladas por hora de materia prima que consiste en la mezcla de caliza, arcilla y mineral de hierro con una granulometría de 80,5%.	Cuando se da un aumento de vibración el motor, en sala central se muestra una alarma de que la vibración ha superado los límites permitidos y el motor se dispara, todas las máquinas enclavadas a este se detienen, se debe visitar en campo el motor y realizar una inspección, se realizan pruebas al acelerómetro para descartar que este dañado, en caso de no encontrarse	Sin cambios en las actividades realizadas	Semanal
8	F	Acelerómetro da señales fluctuantes o nula por falso contacto o suciedad del mismo.	No es capaz de moltrar hasta 155 toneladas por hora de materia prima que consiste en la mezcla de caliza, arcilla y mineral de hierro con una granulometría de 80,5%.	El motor se dispara, con el motivo aparente de aumento de vibración en el equipo, se realiza en campo el análisis de vibraciones y no se observa nada extraño, por lo que se determina que el acelerómetro puede presentar falso contacto o estar dañado.	Sin cambios en las actividades realizadas	Trimestral
9	G	Transmisor de temperatura RTD muestra señales fluctuantes o nulas.	No es capaz de moltrar hasta 155 toneladas por hora de materia prima que consiste en la mezcla de caliza, arcilla y mineral de hierro con una granulometría de 80,5%.	El motor muestra señales de temperatura muy por debajo del promedio, se realiza inspección en campo y se observa que la temperatura está entre lo normal en operación, se revisa transmisor y se determina que presenta falso contacto o está dañado.	Sin cambios en las actividades realizadas, se modifica frecuencia	Trimestral
11	H	Paro motor por alta vibración del reductor principal y del Molino.	No es capaz de moltrar hasta 155 toneladas por hora de materia prima que consiste en la mezcla de caliza, arcilla y mineral de hierro con una granulometría de 80,5%.	Cuando se da un aumento de vibración, en sala central se muestra una alarma de que la vibración ha superado los límites permitidos y el motor se dispara, todas las máquinas enclavadas a este se detienen, se debe visitar en campo el motor y realizar una inspección, se realizan pruebas al acelerómetro para descartar que este dañado, en caso de no encontrarse alguna anomalía, se le da marcha al motor. Este modo de fallo debe atenderse lo antes posible debido a que detiene el molino de crudo.	Sin cambios en las actividades realizadas	Diaria
12	I	1. Fallo en la lectura de temperatura, indica cero o mediciones fluctuantes. 2. Fallo en la lectura de temperatura, indica cero o mediciones fluctuantes.	No es capaz de moltrar hasta 155 toneladas por hora de materia prima que consiste en la mezcla de caliza, arcilla y mineral de hierro con una granulometría de 80,5%.	Cuando se da un aumento de temperatura, en sala central se muestra una alarma de que la temperatura ha superado los límites permitidos y el motor se dispara, todas las máquinas enclavadas a este se detienen, se debe visitar en campo el motor y realizar una inspección, se realizan pruebas a los transmisores de temperatura RTD para descartar que este dañado, en caso de no encontrarse alguna anomalía, se le da marcha al motor. Este modo de fallo debe atenderse lo antes posible debido a que detiene el molino de crudo.	Sin cambios en las actividades realizadas	Anual
13	J	Motor quemado por corto circuito en cables	No es capaz de moltrar hasta 155 toneladas por hora de materia prima que consiste en la mezcla de caliza, arcilla y mineral de hierro con una granulometría de 80,5%.	Pérdidas totales a la producción, no se cuenta con otro motor de respaldo, se debe programar reemplazo del motor.	Sin cambios en las actividades realizadas	Anual

Apéndice 7.3.5. Equipos fuera de servicio con rutinas activas Molino de Crudo.

GFH	Descripción	Plan	Texto Posición Mantenimiento	Procedimiento	Frecuencia	Puesto. Trabajo
221-06.07	MOTOR DE BOMBA DE ALTA PRESIÓN 1	CO401004	ARXXX064, RUTA,CRUDO,AUT,TURNO	COMPRUEBE LA TEMPERATURA DE LA MÁQUINA CON LA MANO, REPORTE EL EXCESO DE TEMPERATURA EN LA CARCAZA Y EN LOS RODAMIENTOS. VERIFICAR LA EXISTENCIA DE VIBRACIONES, RUIDOS EXTRAÑOS, ELEMENTOS FLOJOS. VERIFICAR ESTADO DE LIMPIEZA DE LA MÁQUINA Y SUS ALREDEDORES.	Turno	AUT
221-06.09	MOTOR DE BOMBA DE ALTA PRESION 2	CO401004	ARXXX064, RUTA,CRUDO,AUT,TURNO	COMPRUEBE LA TEMPERATURA DE LA MÁQUINA CON LA MANO, REPORTE EL EXCESO DE TEMPERATURA EN LA CARCAZA Y EN LOS RODAMIENTOS. VERIFICAR LA EXISTENCIA DE VIBRACIONES, RUIDOS EXTRAÑOS, ELEMENTOS FLOJOS. VERIFICAR ESTADO DE LIMPIEZA DE LA MÁQUINA Y SUS ALREDEDORES.	Turno	AUT
221-06.07	BOMBA DE ALTA PRESIÓN N1	CO401004	ARXXX064, RUTA,CRUDO,AUT,TURNO	1. VERIFICAR VISUALMENTE EL BUEN FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO. 2. VERIFICAR LA EXISTENCIA DE VIBRACIONES, RUIDOS EXTRAÑOS, ELEMENTOS FLOJOS. 3. COMPRUEBE LA TEMPERATURA DE LA MÁQUINA CON LA MANO, REPORTE EL EXCESO DE TEMPERATURA EN LA CARCAZA Y EN LOS RODAMIENTOS. 4. VERIFICAR VISUALMENTE LA TENSIÓN DE LAS CORREAS EN LAS BOMBAS. 5. VERIFICAR QUE NO EXISTAN FUGAS POR LAS EMPAQUETADURAS DE LAS PRENSA ESTOPAS	Turno	AUT
221-06.09	BOMBA DE ALTA PRESIÓN N2	CO401004	ARXXX064, RUTA,CRUDO,AUT,TURNO	1. VERIFICAR VISUALMENTE EL BUEN FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO. 2. VERIFICAR LA EXISTENCIA DE VIBRACIONES, RUIDOS EXTRAÑOS, ELEMENTOS FLOJOS. 3. COMPRUEBE LA TEMPERATURA DE LA MÁQUINA CON LA MANO, REPORTE EL EXCESO DE TEMPERATURA EN LA CARCAZA Y EN LOS RODAMIENTOS. 4. VERIFICAR VISUALMENTE LA TENSIÓN DE LAS CORREAS EN LAS BOMBAS. 5. VERIFICAR QUE NO EXISTAN FUGAS POR LAS EMPAQUETADURAS DE LAS PRENSA ESTOPAS	Turno	AUT
221-06.02	EMBRAGUE AIRFLEX ENTRE MOTOR Y REDUCTOR PRINCIPAL.	CO431004	MS435004, MOLINO CRUDO,MEC,SEMESTRAL	4. COMPROBAR CENTRADO Y ALINEACIÓN CORRECTA CON LA SUPERFICIE DONDE TABAJA.	SEMESTRAL	MEC
221-06.02	EMBRAGUE AIRFLEX ENTRE MOTOR Y REDUCTOR PRINCIPAL.	CO431004	MS435004, MOLINO CRUDO,MEC,SEMESTRAL	5. COMPROBAR DESGASTE DE LA SUPERFICIE LISA Y PLANA Y OBSERVAR SI TRABAJA POR IGUAL.	SEMESTRAL	MEC
221-06.02	EMBRAGUE AIRFLEX ENTRE MOTOR Y REDUCTOR PRINCIPAL.	CO431004	MS435004, MOLINO CRUDO,MEC,SEMESTRAL	6. COMPROBAR QUE TODOS LOS TORNILLOS ESTEN AJUSTADOS.	SEMESTRAL	MEC
221-06.02	EMBRAGUE AIRFLEX ENTRE MOTOR Y REDUCTOR PRINCIPAL.	CO431004	MS435004, MOLINO CRUDO,MEC,SEMESTRAL	7. COMPROBAR ESTADO DEL MUELLE CIRCULAR NEUMÁTICO SU ESTADO Y ROTURA.	SEMESTRAL	MEC
221-06.02	EMBRAGUE AIRFLEX ENTRE MOTOR Y REDUCTOR PRINCIPAL.	CO431004	MS435004, MOLINO CRUDO,MEC,SEMESTRAL	8. COMPROBAR ESTADO Y FIJACIÓN DE LOS TUBOS Y MANGUITOS DE AIRE.	SEMESTRAL	MEC

Apéndice 7.3.6. Recopilación de tareas Reductor principal del molino de crudo 221-06.10

GFH	Descripción	Plan	Texto Posición Mantenimiento	Procedimiento	Frecuencia	Puesto. Trabajo	ID. Actividad
221-06.10	REDUCTOR PRINCIPAL	CO401003	ARXXX030, RUTA,CRUDO,AUT,SEM	OBSERVAR EL NIVEL DE ACEITE DEL REDUCTOR PRINCIPAL.	Semanal	AUT	1
221-06.10	REDUCTOR PRINCIPAL DEL MOLINO	CO401004	ARXXX064, RUTA,CRUDO,AUT,TURNO	1. REVISAR EL SISTEMA DE LUBRICACIÓN EN LOS REDUCTORES Y CHEQUEAR EL NIVEL DE ACEITE. LIMPIAR EL CRISTAL DE VISIÓN EN CASO QUE ESTE SUCIO. (COMPLETAR CON LA AYUDA DEL TÉCNICO EN MANTENIMIENTO). VERIFICAR ESTADO DE LIMPIEZA DE LA MÁQUINA Y SUS ALREDEDORES, OBSERVAR SI EXISTEN FUGAS DE ACEITE O GRASA.	Turno	AUT	2
221-06.10	REDUCTOR PRINCIPAL DEL MOLINO	CO401004	ARXXX064, RUTA,CRUDO,AUT,TURNO	3. VERIFICAR LA EXISTENCIA DE VIBRACIONES, RUIDOS EXTRAÑOS, ELEMENTOS FLOJOS, TEMPERATURA.	Turno	AUT	3
221-06.10	ET308.CR VIBRA1 REDUC. MOL. CRUDO ET308A.CR VIBRA2 REDUC. MOL. CRUDO	CO401013	IW635002, RUTA,CRUDO,INSTR,TRIMES VIBR	1.COMPROBAR ESTANQUEIDAD DE CAJA DE BORNES. 2.REAPRETAR CONEXIONES DE LA CAJA DE BORNERAS. 3.LIMPIEZA EXTERIOR. 4.REAPRETAR BORNERAS DEL SENSOR. 5. VERIFICAR INDICACION EN EL MODULO	Trimestral	INS	4
221-06.10	REDUCTOR PRINCIPAL	CO401029	MW435002, RUTA,CRUDO,MEC,SEMANAL	1. COMPROBAR EL NIVEL DE ACEITE DEL REDUCTOR. (AÑADIR SI ES NECESARIO)	Semanal	MEC	5
221-06.10	REDUCTOR PRINCIPAL ACCIONAMIENTO PRINCIPAL	CO431001	AW435001, M.CRUDO,AUT,DIARIA	3. OBSERVAR SI HAY RUIDOS O MOVIMIENTOS EXTRAÑOS,VIBRACIONES, ETC.	Diaria	AUT	6
221-06.10	REDUCTOR PRINCIPAL ACCIONAMIENTO PRINCIPAL	CO431001	AW435001, M.CRUDO,AUT,DIARIA	4. OBSERVAR SI HAY FUGAS DE ACEITE POR LOS EXTREMOS DE EJES, RETENES, TAPAS, TORNILLOS, ETC.	Diaria	AUT	7

221-06.10	REDUCTOR PRINCIPAL DEL MOLINO	CO401050	ARXXX031, RUTA,REDUCTOR CRUDO,AUT.SEM	2-CONTROL VISUAL GENERAL DE LA MAQUINA CON RESPECTO A GRIETAS FUGAS O DEFECTOS DE LA MISMA. 3-COMPROBACIÓN VISUAL DE LAS TUBERÍAS DE LAS BOMBAS DE ALTA Y BAJA QUE NO PRESENTEN FUGAS NI DAÑOS COMO GOLPES O LIMADURAS. 4-CONTROL DEL NIVEL DE ACEITE EN LOS INDICADORES DE NIVEL.	Semanal	AUT	8
221-06.10	REDUCTOR PRINCIPAL DEL MOLINO	CO401050	ARXXX031, RUTA,REDUCTOR CRUDO,AUT.SEM	5-ANOTE ANOMALIAS ENCONTRADAS COMO: RUIDOS EXTRAÑOS, ALTAS TEMPERATURAS O DAÑOS EN LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN Y CONTROL.	Semanal	AUT	9
221-06.10	REDUCTOR PRINCIPAL FLENDER KMPS376	CO401051	MRXXX023, RUTA,CRUDO,MEC,REDUCTOR-PARO	1. HACER CONTROL VISUAL PARA MONITOREAR LOS NIVELES DE ACEITE DEL REDUCTOR. 2. CONTROL DEL FILTRO DE ACEITE DE LA INSTALACIÓN DE ALIMENTACIÓN DE ACEITE EN CUANTO A SUCIEDAD SE REFIERE.(Indicación visual). 3. CONTROL DE LOS INSTRUMENTOS INSTALADOS EN SITIO(Temperatura y presiones de aceite)	Quincenal	MEC	10
221-06.10	REDUCTOR PRINCIPAL FLENDER KMPS376	CO401051	MRXXX023, RUTA,CRUDO,MEC,REDUCTOR-PARO	4. CONTROL DE RUIDOS EXTRAÑOS, ALTAS TEMPERATURAS	Quincenal	MEC	11
221-06.10	REDUCTOR PRINCIPAL FLENDER KMPS376	CO401051	MRXXX023, RUTA,CRUDO,MEC,REDUCTOR-PARO	5. VERIFICAR VISUALMENTE EL ESTADO DE LA ESTRUCTURA Y PERNOS DE SUJECCIÓN CON PROPÓSITO DE DETERMINAR SI HAY GRIETAS O DERRAMES DE ACEITE.	Quincenal	MEC	12
221-06.10	REDUCTOR PRINCIPAL MOLINO VERTICAL DE CRUDO	CO431003	MS431009, MOLINO CRU,MEC,ANUAL	1.INSPECCIONAR LOS RODAMIENTOS INTERNOS. 2.LIMPIAR, INSPECCIONAR LA RESERVA HIDRÁULICA. 3.LIMPIAR INTERNAMENTE EL CRISTAL DE VISIÓN DEL REDUCTOR PRINCIPAL.	Anual	MEC	13
221-06.10	REDUCTOR PRINCIPAL DEL MOLINO	CO431003	MS431009, MOLINO CRU,MEC,ANUAL	1. LLEVAR A CABO UNA INSPECCIÓN MAYOR. 2. REALIZAR REVISIÓN DEL CONTACTO DE LOS DIENTES. 3. VERIFICAR LOS TORNILLOS DE SUJECCIÓN DEL REDUCTOR. 4. RETORQUIAR SI ES NECESARIO CADA TORNILLO.	Anual	MEC	14
221-06.10	TERMORESISTENCIAS RTD, TT391.CR-->TEMP.1 REDUCTOR MOLINO TT392.CR-->TEMP.2 REDUCTOR MOLINO TT393.CR-->TEMP.3 REDUCTOR MOLINO TT394.CR-->TEMP.4 REDUCTOR MOLINO TT395.CR-->TEMP.5 REDUCTOR MOLINO TT396.CR-->TEMP.6 REDUCTOR MOLINO TT397.CR-->TEMP.7 REDUCTOR MOLINO TT398.CR-->TEMP.8 REDUCTOR MOLINO TT399.CR-->TEMP.9 REDUCTOR MOLINO	CO401012	IS636010, RUTA,CRU,INS,ANUAL,RTD	1. REAPRETAR BORNERAS DE CONEXIÓN. 2. COMPROBAR LA SALIDA DEL TRANSMISOR CON LA INDICACIÓN DE SALA CENTRAL UTILIZANDO EL INSTRUMENTO DE CALIBRACION. 3. EN CASO DE HABER DIFERENCIA EN LA COMPROBACION CALIBRAR SEGUN PARAMETRO INDICADO EN EL EQUIPO.	Anual	INS	15

Apéndice 7.3.7. Políticas de mantenimiento y cambio de frecuencia, Reductor principal 221-06.10

ID. Actividad	ID. Modo Falla	Modos de falla	Falla funcional	Consecuencias	Política de mantenimiento	Cambio de Frecuencia
1	A	Falla de reductor principal por falta de lubricación o contaminación del lubricante (sellos o empaques dañados)	No es capaz de moltrar hasta 155 toneladas por hora de materia prima que consiste en la mezcla de caliza, arcilla y mineral de hierro con una granulometría de 80,5%.	El bajo nivel de aceite ocasiona que se de un mayor contacto entre partes móviles y provoca que la temperatura del equipo aumente debido al rozamiento, bajo nivel de aceite causa que el equipo pueda trabarse y que se dañen partes internas como engranes y rodamientos, este modo de fallo puede ser catastrófico para el equipo y la pérdida total del activo, este reductor tien alrededor de dos años de operar y aún está en garantía, el costo total del equipo representa y lo hace un activo crítico para la compañía. Un fallo inesperado puede parar la planta ya que los tiempo de reparación son muy altos.	Eliminar actividad	
2	A	Falla de reductor principal por falta de lubricación o contaminación del lubricante (sellos o empaques dañados). Visor de nivel de aceite sucio. Fugas en el reductor	No es capaz de moltrar hasta 155 toneladas por hora de materia prima que consiste en la mezcla de caliza, arcilla y mineral de hierro con una granulometría de 80,5%.	El bajo nivel de aceite ocasiona que se de un mayor contacto entre partes móviles y provoca que la temperatura del equipo aumente debido al rozamiento, bajo nivel de aceite causa que el equipo pueda trabarse y que se dañen partes internas como engranes y rodamientos, este modo de fallo puede ser catastrófico para el equipo y la pérdida total del activo, este reductor tien alrededor de dos años de operar y aún está en garantía, el costo total del equipo representa y lo hace un activo crítico para la compañía. Un fallo inesperado puede parar la planta ya que los tiempo de reparación son muy altos.	Sin cambios en las actividades realizadas	Turno
5	A	Falla de reductor principal por falta de lubricación o contaminación del lubricante (sellos o empaques dañados)	No es capaz de moltrar hasta 155 toneladas por hora de materia prima que consiste en la mezcla de caliza, arcilla y mineral de hierro con una granulometría de 80,5%.	El bajo nivel de aceite ocasiona que se de un mayor contacto entre partes móviles y provoca que la temperatura del equipo aumente debido al rozamiento, bajo nivel de aceite causa que el equipo pueda trabarse y que se dañen partes internas como engranes y rodamientos, este modo de fallo puede ser catastrófico para el equipo y la pérdida total del activo, este reductor tien alrededor de dos años de operar y aún está en garantía, el costo total del equipo representa y lo hace un activo crítico para la compañía. Un fallo inesperado puede parar la planta ya que los tiempo de reparación son muy altos.	Eliminar actividad	
7	B	Fugas por retenedores, bajo nivel de aceite.	No es capaz de moltrar hasta 155 toneladas por hora de materia prima que consiste en la mezcla de caliza, arcilla y mineral de hierro con una granulometría de 80,5%.	El bajo nivel de aceite ocasiona que se de un mayor contacto entre partes móviles y provoca que la temperatura del equipo aumente debido al rozamiento, bajo nivel de aceite causa que el equipo pueda trabarse y que se dañen partes internas como engranes y rodamientos, este modo de fallo puede ser catastrófico para el equipo y la pérdida total del activo, este reductor tien alrededor de dos años de operar y aún está en garantía, el costo total del equipo representa y lo hace un activo crítico para la compañía. Un fallo inesperado puede parar la planta ya que los tiempo de reparación son muy altos.	Sin cambios en las actividades realizadas	Diaria
8	C	Fugas por retenedores, Fugas en bombas de alta y baja. Bajo nivel de aceite. Tuberías de aceite en bombas de sistema de lubricación dañadas.	No es capaz de moltrar hasta 155 toneladas por hora de materia prima que consiste en la mezcla de caliza, arcilla y mineral de hierro con una granulometría de 80,5%.	El bajo nivel de aceite ocasiona que se de un mayor contacto entre partes móviles y provoca que la temperatura del equipo aumente debido al rozamiento, bajo nivel de aceite causa que el equipo pueda trabarse y que se dañen partes internas como engranes y rodamientos, este modo de fallo puede ser catastrófico para el equipo y la pérdida total del activo, este reductor tien alrededor de dos años de operar y aún está en garantía, el costo total del equipo representa y lo hace un activo crítico para la compañía. Un fallo inesperado puede parar la planta ya que los tiempo de reparación son muy altos.	Sin cambios en las actividades realizadas	Semanal
10	D	Falla de sistema de lubricación por suciedad en filtros	No es capaz de moltrar hasta 155 toneladas por hora de materia prima que consiste en la mezcla de caliza, arcilla y mineral de hierro con una granulometría de 80,5%.	La suciedad en los filtros puede causar que se de una caída de presión en el sistema de lubricación ocasionando que las bombas se disparen. Un fallo inesperado puede parar la planta ya que los tiempo de reparación son muy altos.	Sin cambios en las actividades realizadas	Quincenal
12	E	Falla de reductor principal por derrames de aceite y estructura dañada	No es capaz de moltrar hasta 155 toneladas por hora de materia prima que consiste en la mezcla de caliza, arcilla y mineral de hierro con una granulometría de 80,5%.	El bajo nivel de aceite ocasiona que se de un mayor contacto entre partes móviles y provoca que la temperatura del equipo aumente debido al rozamiento, bajo nivel de aceite causa que el equipo pueda trabarse y que se dañen partes internas como engranes y rodamientos, este modo de fallo puede ser catastrófico para el equipo y la pérdida total del activo, este reductor tien alrededor de dos años de operar y aún está en garantía, el costo total del equipo representa y lo hace un activo crítico para la compañía. Un fallo inesperado puede parar la planta ya que los tiempo de reparación son muy altos.	Sin cambios en las actividades realizadas	Quincenal

13	F	Rodamientos del reductor principal dañados por fatiga o cumplimiento de vida útil.	No es capaz de moltar hasta 155 toneladas por hora de materia prima que consiste en la mezcla de caliza, arcilla y mineral de hierro con una granulometría de 80,5%.	El bajo nivel de aceite ocasiona que se de un mayor contacto entre partes móviles y provoca que la temperatura del equipo aumente debido al rozamiento, bajo nivel de aceite causa que el equipo pueda trabarse y que se dañen partes internas como engranes y rodamientos, este modo de fallo puede ser catastrófico para el equipo y la pérdida total del activo, este reductor tiene alrededor de dos años de operar y aún está en garantía, el costo total del equipo representa y lo hace un activo crítico para la compañía. Un fallo inesperado puede parar la planta ya que los tiempos de reparación son muy altos.	Sin cambios en las actividades realizadas	Anual
11	G	Paro del motor principal por alta temperatura.	No es capaz de moltar hasta 155 toneladas por hora de materia prima que consiste en la mezcla de caliza, arcilla y mineral de hierro con una granulometría de 80,5%.	Una elevada temperatura en los cojinetes del reductor principal ocasiona que el molino se dispare, se debe lubricar los soportes de acuerdo a la condición del equipo, utilizando ultrasonido u otro método.	Sin cambios en las actividades realizadas	Quincenal
9	G, H	Paro motor por alta vibración del reductor principal y del Molino. Paro del motor principal por alta temperatura.	No es capaz de moltar hasta 155 toneladas por hora de materia prima que consiste en la mezcla de caliza, arcilla y mineral de hierro con una granulometría de 80,5%.	Una elevada vibración en los cojinetes del reductor principal ocasiona que el molino se dispare.	Sin cambios en las actividades realizadas	Semanal
3	H	Paro motor por alta vibración del reductor principal y del Molino.	No es capaz de moltar hasta 155 toneladas por hora de materia prima que consiste en la mezcla de caliza, arcilla y mineral de hierro con una granulometría de 80,5%.	Una elevada vibración en los cojinetes del reductor principal ocasiona que el molino se dispare.	Sin cambios en las actividades realizadas	Turno
6	H	Paro motor por alta vibración del reductor principal y del Molino.	No es capaz de moltar hasta 155 toneladas por hora de materia prima que consiste en la mezcla de caliza, arcilla y mineral de hierro con una granulometría de 80,5%.	Una elevada vibración en los cojinetes del reductor principal ocasiona que el molino se dispare.	Sin cambios en las actividades realizadas	Diaria
4	I	Acelerómetro da señales fluctuantes o nula por falso contacto o suciedad del mismo.	No es capaz de moltar hasta 155 toneladas por hora de materia prima que consiste en la mezcla de caliza, arcilla y mineral de hierro con una granulometría de 80,5%.	Si las señales de vibraciones en el reductor fluctúan de manera anómala, el equipo se dispara por precaución, ocasionando pérdidas a la producción, se debe revisar estado de acelerómetros para evitar que el molino se detenga.	Sin cambios en las actividades realizadas	Trimestral
14	J	Desgaste de engranes del reductor por contacto.	No es capaz de moltar hasta 155 toneladas por hora de materia prima que consiste en la mezcla de caliza, arcilla y mineral de hierro con una granulometría de 80,5%.	El desgaste de las partes móviles del reductor provoca que exista holgura en los engranes y un posible debilitamiento de los dientes de contacto, provocando que por esfuerzo de flexión en el diente este falle. El tiempo de reparación depende de la disponibilidad del repuesto requerido, no es una falla muy común, sin embargo como medida preventiva se le realiza análisis de aceite para detectar cualquier agente dañino como metal o contaminantes en el aceite que alerten de esta situación.	Sin cambios en las actividades realizadas	Anual
15	K	1. Fallo en la lectura de temperatura, indica cero o mediciones fluctuantes. 2. Fallo en la lectura de temperatura, indica cero o mediciones fluctuantes.	No es capaz de moltar hasta 155 toneladas por hora de materia prima que consiste en la mezcla de caliza, arcilla y mineral de hierro con una granulometría de 80,5%.	Cuando se da un aumento de temperatura, en sala central se muestra una alarma de que la temperatura ha superado los límites permitidos y el motor se dispara, todas las máquinas enclavadas a este se detienen, se debe visitar en campo el motor y realizar una inspección, se realizan pruebas a los transmisores de temperatura RTD para descartar que este dañado, en caso de no encontrarse alguna anomalía, se le da marcha al motor. Este modo de fallo debe atenderse lo antes posible debido a que detiene el molino de crudo.	Sin cambios en las actividades realizadas	Anual

Apéndice 7.3.8. Recopilación de tareas, Motor Auxiliar Molino de Crudo 221-06.11

GFH	Descripción	Plan	Texto Posición Mantenimiento	Procedimiento	Frecuencia	Puesto. Trabajo	ID. Actividad
221-06.11	MOTOR AUXILIAR DEL MOLINO VERT	CO401004	ARXX064, RUTA,CRUDO,AUT,TURNO	COMPRUEBE LA TEMPERATURA DE LA MÁQUINA CON LA MANO, REPORTE EL EXCESO DE TEMPERATURA EN LA CARCAZA Y EN LOS RODAMIENTOS. VERIFICAR LA EXISTENCIA DE VIBRACIONES, RUIDOS EXTRAÑOS, ELEMENTOS FLOJOS. VERIFICAR ESTADO DE LIMPIEZA DE LA MÁQUINA Y SUS ALREDED	Turno	AUT	1
221-06.11	MOTOR AUXILIAR DEL MOLINO VERT	CO401004	ARXX064, RUTA,CRUDO,AUT,TURNO	VERIFICAR LA EXISTENCIA DE VIBRACIONES, RUIDOS EXTRAÑOS, ELEMENTOS FLOJOS.	Turno	AUT	2
221-06.11	MOTOR AUXILIAR MOLINO	CO401005	ERXX026, RUTA,CRUDO,ELE,SEMANAL-MARCHA	VERIFICAR SI EL MOTOR TIENE RUIDOS ANORMALES O VIBRACIONES	Semanal	ELE	3
221-06.11	MOTOR AUXILIAR MOLINO	CO401005	ERXX026, RUTA,CRUDO,ELE,SEMANAL-MARCHA	GARANTIZAR LIMPIEZA DEL MOTOR. COMPROBAR TEMPERATURA DEL MOTOR	Semanal	ELE	4
221-06.11	MOTOR AUXILIAR MOLINO	CO401005	ERXX026, RUTA,CRUDO,ELE,SEMANAL-MARCHA	COMPROBAR ASPECTO EXTERIOR DE MANDO LOCAL Y CABLEADO BX	Semanal	ELE	5
221-06.11	MOTOR AUXILIAR MOLINO CRUDO	CO431001	AW435001, M.CRUDO,AUT,DIARIA	SI ESTA MARCHANDO OBSERVAR RUIDOS EXTRAÑOS Y VIBRACIONES EN MOTO REDUCTOR Y ACOPLAMIENTO.	DIARIA	AUT	6
221-06.11	MOTOR AUXILIAR MOLINO CRUDO	CO431001	AW435001, M.CRUDO,AUT,DIARIA	CON LA MANO PALPAR LA TEMPERATURA AL REDUCTOR SI NO PUEDE MANTENERLA POR ENCIMA DE 8s INFORMAR AL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO DE INMEDIATO.	DIARIA	AUT	7

Apéndice 7.3.9. Políticas de mantenimiento y cambio de frecuencia, Motor auxiliar molino de crudo 221-06.11

ID. Actividad	ID. Modo Falla	Modos de falla	Falla funcional	Consecuencias	Política de mantenimiento	Cambio de Frecuencia
4	A	Motor quemado por calentamiento.	Motor no es capaz de girar el molino para crear la cama de material y giro lento de los rodillos.	No es un motor crítico para el funcionamiento del molino de crudo sin embargo es utilizado para crear la cama de material antes de arrancar el molino.	Realizar limpieza del motor con soplador de aire.	Mensual
7	A	Motor quemado por calentamiento.	Motor no es capaz de girar el molino para crear la cama de material y giro lento de los rodillos.	No es un motor crítico para el funcionamiento del molino de crudo sin embargo es utilizado para crear la cama de material antes de arrancar el molino.	Eliminar actividad	
1	A, B	Motor quemado por calentamiento. Fallos de motor por vibración en motor o cojinetes	Motor no es capaz de girar el molino para crear la cama de material y giro lento de los rodillos.	No es un motor crítico para el funcionamiento del molino de crudo sin embargo es utilizado para crear la cama de material antes de arrancar el molino.	Inspección rutinaria del motor	Turno
2	B	Fallos de motor por vibración en motor o cojinetes	Motor no es capaz de girar el molino para crear la cama de material y giro lento de los rodillos.	Es difícil medir esta variable en este motor debido a que no es de uso continuo, cuando se le da marcha para girar lentamente los rodillos o para crear la cama de material. Se revisa que todo opere con normalidad cuando se le da marcha.	Inspección rutinaria del motor	Turno
3	B	Fallos de motor por vibración en motor o cojinetes	Motor no es capaz de girar el molino para crear la cama de material y giro lento de los rodillos.	Es difícil medir esta variable en este motor debido a que no es de uso continuo, cuando se le da marcha para girar lentamente los rodillos o para crear la cama de material. Se revisa que todo opere con normalidad cuando se le da marcha.	Inspección detallada del estado del motor para determinar si existe calentamiento	Mensual
5	C	Falla del circuito de control del motor por fusible de control, botonera, protección térmica o del interruptor	Motor no es capaz de girar el molino para crear la cama de material y giro lento de los rodillos.	El mal estado del cableado bx puede conducir a que los cables de alimentación estén expuestos.	Sin cambios en las actividades realizadas, se modifica frecuencia	Mensual
6	D	Vibración en el acoplamiento del motor auxiliar	Motor no es capaz de girar el molino para crear la cama de material y giro lento de los rodillos.	Se debe revisar el estado del acople, no hay paro de producción, en caso de fallo en el acople se reemplaza, existe stock de repuesto.	Sin cambios en las actividades realizadas	Diaria

Apéndice 7.3.10. Recopilación de tareas, Sistema de lubricación reductor principal molino de crudo.

GFH	Descripción	Plan	Texto Posición Mantenimiento	Procedimiento	Frecuencia	Puesto. Trabajo	ID. Actividad
221-06.13	BOMBA DE BAJA PRESIÓN #1	CO401005	ERXXX026, RUTA,CRUDO,ELE,SEMANAL-MARCHA	VERIFICAR SI EL MOTOR TIENE RUIDOS ANORMALES O VIBRACIONES	Semanal	ELE	1
221-06.13	BOMBA DE BAJA PRESIÓN #1	CO401005	ERXXX026, RUTA,CRUDO,ELE,SEMANAL-MARCHA	GARANTIZAR LIMPIEZA DEL MOTOR. COMPROBAR TEMPERATURA DEL MOTOR	Semanal	ELE	2
221-06.13	BOMBA DE BAJA PRESIÓN #1	CO401005	ERXXX026, RUTA,CRUDO,ELE,SEMANAL-MARCHA	COMPROBAR ASPECTO EXTERIOR DE MANDO LOCAL Y CABLEADO BX	Semanal	ELE	3
221-06.14	BOMBA DE ALTA PRESIÓN #1	CO401005	ERXXX026, RUTA,CRUDO,ELE,SEMANAL-MARCHA	VERIFICAR SI EL MOTOR TIENE RUIDOS ANORMALES O VIBRACIONES	Semanal	ELE	4
221-06.14	BOMBA DE ALTA PRESIÓN #1	CO401005	ERXXX026, RUTA,CRUDO,ELE,SEMANAL-MARCHA	GARANTIZAR LIMPIEZA DEL MOTOR. COMPROBAR TEMPERATURA DEL MOTOR	Semanal	ELE	5
221-06.14	BOMBA DE ALTA PRESIÓN #1	CO401005	ERXXX026, RUTA,CRUDO,ELE,SEMANAL-MARCHA	COMPROBAR ASPECTO EXTERIOR DE MANDO LOCAL Y CABLEADO BX	Semanal	ELE	6
221-06.15	BOMBA DE ALTA PRESIÓN #2	CO401005	ERXXX026, RUTA,CRUDO,ELE,SEMANAL-MARCHA	VERIFICAR SI EL MOTOR TIENE RUIDOS ANORMALES O VIBRACIONES	Semanal	ELE	7
221-06.15	BOMBA DE ALTA PRESIÓN #2	CO401005	ERXXX026, RUTA,CRUDO,ELE,SEMANAL-MARCHA	GARANTIZAR LIMPIEZA DEL MOTOR. COMPROBAR TEMPERATURA DEL MOTOR	Semanal	ELE	8
221-06.15	BOMBA DE ALTA PRESIÓN #2	CO401005	ERXXX026, RUTA,CRUDO,ELE,SEMANAL-MARCHA	COMPROBAR ASPECTO EXTERIOR DE MANDO LOCAL Y CABLEADO BX	Semanal	ELE	9
221-06.16	BOMBA DE ALTA PRESIÓN #3	CO401005	ERXXX026, RUTA,CRUDO,ELE,SEMANAL-MARCHA	VERIFICAR SI EL MOTOR TIENE RUIDOS ANORMALES O VIBRACIONES	Semanal	ELE	10
221-06.16	BOMBA DE ALTA PRESIÓN #3	CO401005	ERXXX026, RUTA,CRUDO,ELE,SEMANAL-MARCHA	GARANTIZAR LIMPIEZA DEL MOTOR. COMPROBAR TEMPERATURA DEL MOTOR	Semanal	ELE	11
221-06.16	BOMBA DE ALTA PRESIÓN #3	CO401005	ERXXX026, RUTA,CRUDO,ELE,SEMANAL-MARCHA	COMPROBAR ASPECTO EXTERIOR DE MANDO LOCAL Y CABLEADO BX	Semanal	ELE	12
221-06.17	BOMBA DE ALTA PRESIÓN #4	CO401005	ERXXX026, RUTA,CRUDO,ELE,SEMANAL-MARCHA	VERIFICAR SI EL MOTOR TIENE RUIDOS ANORMALES O VIBRACIONES	Semanal	ELE	13
221-06.17	BOMBA DE ALTA PRESIÓN #4	CO401005	ERXXX026, RUTA,CRUDO,ELE,SEMANAL-MARCHA	GARANTIZAR LIMPIEZA DEL MOTOR. COMPROBAR TEMPERATURA DEL MOTOR	Semanal	ELE	14
221-06.17	BOMBA DE ALTA PRESIÓN #4	CO401005	ERXXX026, RUTA,CRUDO,ELE,SEMANAL-MARCHA	COMPROBAR ASPECTO EXTERIOR DE MANDO LOCAL Y CABLEADO BX	Semanal	ELE	15
221-06.14	BOMBAS DE LUBRICACIÓN REDUCTOR PRINCIPAL	CO431001	AW435001, M.CRUDO,AUT,DIARIA	OBSERVAR RUIDOS EXTRAÑOS, MOVIMIENTOS, VIBRACIONES, EN BOMBAS Y MOTORES.	DIARIA	AUT	16
221-06.14	BOMBAS DE LUBRICACIÓN REDUCTOR PRINCIPAL	CO431001	AW435001, M.CRUDO,AUT,DIARIA	MANTENER EL ORDEN Y ASEO EN LA ZONA DEL REDUCTOR Y BOMBAS DE ALTA Y BAJA. OBSERVAR PERDIDAS DE ACEITE POR LAS BOMBAS. 7. OBSERVAR PERDIDAS DE ACEITE POR LAS TUBERIAS, BRIDAS Y VALVULAS. OBSERVAR PERDIDAS DE ACEITE POR EL REGULADOR, FILTROS, MANÓMETROS, CAUDALIMETRO, TUBERIAS, ETC.	DIARIA	AUT	17
221-06.14	BOMBAS DE LUBRICACIÓN REDUCTOR PRINCIPAL	CO431001	AW435001, M.CRUDO,AUT,DIARIA	CON LA MANO PALPAR TEMPERATURA A LAS BOMBA, MOTORES, FILTROS, REFRIGERADOR, TUBERIAS, ETC.	DIARIA	AUT	18

Apéndice 7.3.11. Políticas de mantenimiento y cambio de frecuencias.

ID. Actividad	ID. Modo Falla	Modos de falla	Consecuencias	Política de mantenimiento	Cambio de Frecuencia
1	A	Paro motor por alta vibración de los cojinetes, Falla del motor principal por quedar en en dos fases.	El sistema de lubricacion se encuentra enclavado electricamente al motor, en caso de ocurrir una falla en las bombas este se dispara, ocasionando un paro operacional en el molino, se piede la capacidad de molturar hasta 155 toneladas por hora.	Palpar vibración y detectar funcionamiento anomalo del motor	Mensual
4	A	Paro motor por alta vibración de los cojinetes, Falla del motor principal por quedar en en dos fases.	El sistema de lubricacion se encuentra enclavado electricamente al motor, en caso de ocurrir una falla en las bombas este se dispara, ocasionando un paro operacional en el molino, se piede la capacidad de molturar hasta 155 toneladas por hora.	Palpar vibración y detectar funcionamiento anomalo del motor	Mensual
7	A	Paro motor por alta vibración de los cojinetes, Falla del motor principal por quedar en en dos fases.	El sistema de lubricacion se encuentra enclavado electricamente al motor, en caso de ocurrir una falla en las bombas este se dispara, ocasionando un paro operacional en el molino, se piede la capacidad de molturar hasta 155 toneladas por hora.	Palpar vibración y detectar funcionamiento anomalo del motor	Mensual
10	A	Paro motor por alta vibración de los cojinetes, Falla del motor principal por quedar en en dos fases.	El sistema de lubricacion se encuentra enclavado electricamente al motor, en caso de ocurrir una falla en las bombas este se dispara, ocasionando un paro operacional en el molino, se piede la capacidad de molturar hasta 155 toneladas por hora.	Palpar vibración y detectar funcionamiento anomalo del motor	Mensual
13	A	Paro motor por alta vibración de los cojinetes, Falla del motor principal por quedar en en dos fases.	El sistema de lubricacion se encuentra enclavado electricamente al motor, en caso de ocurrir una falla en las bombas este se dispara, ocasionando un paro operacional en el molino, se piede la capacidad de molturar hasta 155 toneladas por hora.	Palpar vibración y detectar funcionamiento anomalo del motor	Mensual
16	A	Paro motor por alta vibración de los cojinetes, Falla del motor principal por quedar en en dos fases.	El sistema de lubricacion se encuentra enclavado electricamente al motor, en caso de ocurrir una falla en las bombas este se dispara, ocasionando un paro operacional en el molino, se piede la capacidad de molturar hasta 155 toneladas por hora.	Inspección general del motor	Diaria
2	B	Motor quemado por exceso de polvo	El sistema de lubricacion se encuentra enclavado electricamente al motor, en caso de ocurrir una falla en las bombas este se dispara, ocasionando un paro operacional en el molino, se piede la capacidad de molturar hasta 155 toneladas por hora.	Limpiar el motor con solplador de aire	Mensual
5	B	Motor quemado por exceso de polvo	El sistema de lubricacion se encuentra enclavado electricamente al motor, en caso de ocurrir una falla en las bombas este se dispara, ocasionando un paro operacional en el molino, se piede la capacidad de molturar hasta 155 toneladas por hora.	Limpiar el motor con solplador de aire	Mensual
8	B	Motor quemado por exceso de polvo	El sistema de lubricacion se encuentra enclavado electricamente al motor, en caso de ocurrir una falla en las bombas este se dispara, ocasionando un paro operacional en el molino, se piede la capacidad de molturar hasta 155 toneladas por hora.	Limpiar el motor con solplador de aire	Mensual
11	B	Motor quemado por exceso de polvo	El sistema de lubricacion se encuentra enclavado electricamente al motor, en caso de ocurrir una falla en las bombas este se dispara, ocasionando un paro operacional en el molino, se piede la capacidad de molturar hasta 155 toneladas por hora.	Limpiar el motor con solplador de aire	Mensual
14	B	Motor quemado por exceso de polvo	El sistema de lubricacion se encuentra enclavado electricamente al motor, en caso de ocurrir una falla en las bombas este se dispara, ocasionando un paro operacional en el molino, se piede la capacidad de molturar hasta 155 toneladas por hora.	Limpiar el motor con solplador de aire	Mensual
18	B	Motor quemado por calentamiento excesivo.	El sistema de lubricacion se encuentra enclavado electricamente al motor, en caso de ocurrir una falla en las bombas este se dispara, ocasionando un paro operacional en el molino, se piede la capacidad de molturar hasta 155 toneladas por hora.	Inspeccion de la temperatura del motor	Diaria

3	C	Falla del circuito de control del motor por fusible de control, botonera, protección térmica o del interruptor	La caja de mando del motor se encuentra suelta, los cables bx no estan en su lugar y hay cables expuestos. Bombas se pueden disparar en caso de corto circuito y detener el molino de crudo.	Revisión del estado de cableado y caja de bornes en el motor	Mensual
6	C	Falla del circuito de control del motor por fusible de control, botonera, protección térmica o del interruptor	La caja de mando del motor se encuentra suelta, los cables bx no estan en su lugar y hay cables expuestos. Bombas se pueden disparar en caso de corto circuito y detener el molino de crudo.	Revisión del estado de cableado y caja de bornes en el motor	Mensual
9	C	Falla del circuito de control del motor por fusible de control, botonera, protección térmica o del interruptor	La caja de mando del motor se encuentra suelta, los cables bx no estan en su lugar y hay cables expuestos. Bombas se pueden disparar en caso de corto circuito y detener el molino de crudo.	Revisión del estado de cableado y caja de bornes en el motor	Mensual
12	C	Falla del circuito de control del motor por fusible de control, botonera, protección térmica o del interruptor	La caja de mando del motor se encuentra suelta, los cables bx no estan en su lugar y hay cables expuestos. Bombas se pueden disparar en caso de corto circuito y detener el molino de crudo.	Revisión del estado de cableado y caja de bornes en el motor	Mensual
15	C	Falla del circuito de control del motor por fusible de control, botonera, protección térmica o del interruptor	La caja de mando del motor se encuentra suelta, los cables bx no estan en su lugar y hay cables expuestos. Bombas se pueden disparar en caso de corto circuito y detener el molino de crudo.	Revisión del estado de cableado y caja de bornes en el motor	Mensual
17	D	Bomba no levanta caudal ni presión requeridas para lubricar 3 segmentos debido a fugas o falta de lubricante. Consumo de aceite muy elevado.	Perdida de presión en el sistema de lubricación de los 12 segmentos del reductor, el sistema de lubricacion se encuentra enclavado electricamente al motor, en caso de ocurrir una falla en las bombas este se dispara, ocasionando un paro operacional en el molino, se pierde la capacidad de molturar hasta 155 toneladas por hora.	Inspección visual en busca de fugas en componentes de las bombas.	Diaria
19	E	Nuevo mode de falla: Presión de aceite muy baja	Una presión muy baja en el sistema de lubricacion del reductor puede ocasionar que se de un calentamiento en los engranes de reducción, si la presión disminuye al minimo permitido el molino se detiene para evitar que se den daños mayores en el reductor por falta de lubricación.	Crear rutina: Limpiar tubería de succión, Limpiar filtros de aceite, revisar línea de succión que no presente entradas de aire	Mensual
20	F	Nuevo mode de falla: Presión de aceite muy alta	Presión muy alta en las tuberías causa que se de una alarma en sala central donde se indique que la presión es superior a la permitida, una alta presión en las tuberías puede ser ocasionada por una obstrucción en la tubería por lo que implica que el caudal de los 12 segmentos disminuya y se dispare el molino como medida preventiva a un daño mayor al reductor.	Crear rutina: Identificar y limpiar líneas de tuberías obstruidas.	Mensual
21	G	Nuevo mode de falla: Alta temperatura del aceite	Obstrucción de los ductos del intercambiador de calor, en sala central se observa una elevada temperatura del lubricantes, debido a la elevada incrustación en las tuberías metálicas, la dureza del agua en la planta es muy elevada.	Revisar estado de las tuberías, inyectando agua observar si existen ductos obstruidos	Semestral

Apéndice 7.3.12. Recopilación de actividades, Motor principal del horno.

GFH	Descripción	Plan	Texto Posición Mantenimiento	Descripción	Frecuencia	Especialidad	ID. Actividad
303-06.01	MOTOR PRINCIPAL DEL HORNO	CO501169	PRXXX008, RUTA,TORRE,VIBR,MENSUAL	1. CARGAR RUTA EN COLECTOR DE DATOS. 2. SELECCIONAR ACCESORIOS A UTILIZAR (ACELERÓMETRO, SENSOR DE FASE, ETC. 3. UBICAR Y LIMPIAR PUNTO DONDE SE VA A COLOCAR SENSOR. 4.COLOCAR SENSOR ASEGURANDOSE DE QUE ESTE HAGA BUEN CONTACTO CON LA SUPERFICIE. 5. REALIZAR LA MEDICION.	Mensual	PRE	1
303-06.01	MOTOR PRINCIPAL DEL HORNO	CO471003	ES563009, RUTA MOTORES,ELE,ANUAL	1. COMPROBAR ESTANQUEIDAD DE LA CAJA DE BORNAS. 2. REAPRETAR LAS CONEXIONES DE LA CAJA DE BORNAS.	Anual	ELE	2
303-06.01	MOTOR PRINCIPAL DEL HORNO	CO471003	ES563009, RUTA MOTORES,ELE,ANUAL	3. LIMPIEZA EXTERIOR DEL MOTOR.	Anual	ELE	3
303-06.01	MOTOR PRINCIPAL DEL HORNO	CO471003	ES563009, RUTA MOTORES,ELE,ANUAL	4. VERIFICAR LA INTEGRIDAD DE LA CONEXIÓN A TIERRA.	Anual	ELE	4
303-06.01	MOTOR PRINCIPAL DEL HORNO	CO363008	ES564001, MOT.C.C.ELE,ANUAL	1. COMPROBAR ESTADO DE LAS ESCOBILLAS SUSTITUYENDO LAS QUE PROCEDAN, HACIENDO BUENA CARA DE CONTACTO. 2. COMPROBAR ESTADO DE LOS PORTA ESCOBILLAS.	Anual	ELE	5
303-06.01	MOTOR PRINCIPAL DEL HORNO	CO363008	ES564001, MOT.C.C.ELE,ANUAL	3. MEDIR AISLAMIENTO DE INDUCTOR E INDUCIDO, SOLTANDO LA ALIMENTACIÓN AL CUADRO DE CONTROL DE VELOCIDAD DEL MOTOR. 4. LIMPIEZA EXTERIOR DEL MOTOR. NOTA: ANOTAR EN INFORME DE VISITA LOS DATOS DE AISLAMIENTO.	Anual	ELE	6

303-06.01	MOTOR PRINCIPAL DEL HORNO	CO363008	ES564001, MOT.C.C.ELE,ANUAL	5. COMPROBAR QUE LOS FUSIBLES SON DEL CALIBRE ADECUADO PARA EL MOTOR QUE PROTEGEN.	Anual	ELE	7
303-06.01	MOTOR PRINCIPAL DEL HORNO	CO363008	ES564001, MOT.C.C.ELE,ANUAL	6. REALIZAR REVISIÓN Y LIMPIEZA DEL VARIADOR DE VELOCIDAD.	Anual	ELE	8
303-06.01	MOTOR PRINCIPAL DEL HORNO	CO363008	ES564001, MOT.C.C.ELE,ANUAL	7. COMPROBAR ACOPLAMIENTO DE LA DINAMO TACOMÉTRICA AL MOTOR.	Anual	ELE	9
303-06.01	MOTOR PRINCIPAL DEL HORNO	CO427007	EW529002, ARMARIO,ELE,ANUAL	1. COMPROBAR QUE LOS FUSIBLES SON DEL CALIBRE ADECUADO PARA EL MOTOR QUE PROTEGEN.	Anual	ELE	10
303-06.01	MOTOR PRINCIPAL DEL HORNO	CO427007	EW529002, ARMARIO,ELE,ANUAL	2. COMPROBAR QUE EL TARADO DE LAS PROTECCIONES MAGNETO TÉRMICAS SON LAS CORRECTAS PARA EL MOTOR QUE PROTEGEN.	Anual	ELE	11
303-06.01	MOTOR PRINCIPAL DEL HORNO	CO427007	EW529002, ARMARIO,ELE,ANUAL	3. COMPROBAR ACOPLAMIENTO DE LA DINAMO TACOMÉTRICA AL MOTOR.	Anual	ELE	12

303-06.01	MOTOR PRINCIPAL DEL HORNO	CO427003	EW645002, CONV.VEL.BIMENSUAL	1. COMPROBAR CORRESPONDENCIA ENTRE LA SEÑAL DE ENTRADA Y LA CORRIENTE DE SALIDA DEL CONVERTIDOR. 2. COMPROBAR QUE LA CORRIENTE DE SALIDA DEL CONVERTIDOR CORRESPONDE A LA INDICACIÓN EN LA SALA CENTRAL.	Bimensual	ELE	13
303-06.01	MOTOR PRINCIPAL DEL HORNO	CO471013	LW471001, RUTINA,LUB,MOTOR,SEMESTRAL	1. ENGRASAR LOS MUELLES DE LOS ACOPLAMIENTOS ENTRE MOTOR Y REDUCTOR PRINCIPAL, ENTRE CLUTCH Y REDUCTOR PRINCIPAL. TIPO DE GRASA: MOBIL XHP 462. CANTIDAD: 50 GRAMOS CADA UNO	Semestral	LUB	14
303-06.01	MOTOR PRINCIPAL DEL HORNO	CO471013	LW471001, RUTINA,LUB,MOTOR,SEMESTRAL	2. ENGRASAR ACOPLER ALARGADERO, PARA LO CUAL SE DEBEN QUITAR LOS TAPONES DE LUBRICACION, DEJANDO UNO, ENGRASAR HASTA QUE HAYA SALIDO TODA LA GRASA VIEJA, LUEGO COLOQUE NUEVAMENTE LOS DOS TAPONES. TIPO DE GRASA: MOBIL XHP 462 MOLY. CANTIDAD: 400 GRAMOS	Semestral	LUB	15
303-06.01	MOTOR PRINCIPAL DEL HORNO	CO471014	LW471002, MOTOR HORNO,LUB,BIMENSUAL	1.LUBRICAR RODAMIENTOS DEL MOTOR PRINCIPAL 303-06.01. TIPO DE GRASA: MOBIL SHC 100. CANTIDAD: 15 GRAMOS CADA RODAMIENTO	Trimestral	LUB	16
303-06.01	MOTOR PRINCIPAL DEL HORNO	CO501166	MRXXX025, RUTA,HORNO,MEC,SEMANTAL-MARCHA	VERIFICAR LA CONDICIÓN DEL MOTOR DE ACCIONAMIENTO. VERIFICAR LA TEMPERATURA Y VIBRACIONES DE LOS COJINETES.	Semanal	MEC	17
303-06.01	MOTOR PRINCIPAL DEL HORNO	CO501166	MRXXX025, RUTA,HORNO,MEC,SEMANTAL-MARCHA	COMPROBAR EL CORRECTO FUNCIONAMIENTO DEL EJE DE ALARGADERA.	Semanal	MEC	18

Apéndice 7.3.13. Políticas de mantenimiento y frecuencias de revisión, motor principal horno.

ID. Actividad	ID. Modo falla	Modo de falla	Falla Funcional	Consecuencia	Política de mantenimiento	Cambio de frecuencia
1	A	Falla de motor por alta vibración en el motor, rodamientos, desalineamiento del acople, rotor excentrico	No es capaz de girar el horno giratorio tubular con capacidad de cocción de 120 toneladas por hora de clinker.	Luego de que el horno se detiene, debe girar debido a que las altas temperaturas ocasiona que el horno se pandeé. No hay afectación en la seguridad o medio ambiente, la falla es detectable y causa pérdidas operacionales.	Sin cambios en las actividades realizadas.	Mensual
2	B	Falla en la alimentación del motor, pérdida de fase, Disparo de protección por calentamiento de cables. Falso contacto en caja de bornes.	No es capaz de girar el horno giratorio tubular con capacidad de cocción de 120 toneladas por hora de clinker.	Luego de que el horno se detiene, debe girar debido a que las altas temperaturas ocasiona que el horno se pandeé. No hay afectación en la seguridad o medio ambiente, la falla es detectable y causa pérdidas operacionales.	Sin cambios en las actividades realizadas.	Anual
3	C	Calentamiento del motor por suciedad.	No es capaz de girar el horno giratorio tubular con capacidad de cocción de 120 toneladas por hora de clinker.	Debido a las condiciones de operación y a las altas temperaturas a que está expuesto la vida útil del horno se disminuye si la temperatura supera los valores nominales de operación.	Sin cambios en las actividades realizadas.	Anual
4	D	Motor quemado por falla a tierra	No es capaz de girar el horno giratorio tubular con capacidad de cocción de 120 toneladas por hora de clinker.	Luego de que el horno se detiene, debe girar debido a que las altas temperaturas ocasiona que el horno se pandeé. No hay afectación en la seguridad o medio ambiente, la falla es detectable y causa pérdidas operacionales.	Sin cambios en las actividades realizadas.	Anual
5	E	Falla de motor por escobillas desgastadas.	No es capaz de girar el horno giratorio tubular con capacidad de cocción de 120 toneladas por hora de clinker.	Las escobillas desgastadas ocasiona un fallo en el motor que puede ocasionar que el horno se detenga, este fallo no afecta la seguridad ni el medio ambiente, provoca un paro operacional.	Verificar estado de escobillas y sustitución cíclica de escobillas.	Anual

6	F	Motor quemado por corto circuito en devanados, cables de alimentación o caja de bornes.	No es capaz de girar el horno giratorio tubular con capacidad de cocción de 120 toneladas por hora de clinker.	Luego de que el horno se detiene, debe girar debido a que las altas temperaturas ocasiona que el horno se pandeé. No hay afectación en la seguridad o medio ambiente, la falla es detectable y causa pérdidas operacionales.	Sin cambios en las actividades realizadas.	Anual
7	G	Motor se dispara por mala calibración de fusibles.	No es capaz de girar el horno giratorio tubular con capacidad de cocción de 120 toneladas por hora de clinker.	Luego de que el horno se detiene, debe girar debido a que las altas temperaturas ocasiona que el horno se pandeé. No hay afectación en la seguridad o medio ambiente, la falla es detectable y causa pérdidas operacionales.	Sin cambios en las actividades realizadas.	Anual
10	G	Motor se dispara por mala calibración de fusibles.	No es capaz de girar el horno giratorio tubular con capacidad de cocción de 120 toneladas por hora de clinker.	Luego de que el horno se detiene, debe girar debido a que las altas temperaturas ocasiona que el horno se pandeé. No hay afectación en la seguridad o medio ambiente, la falla es detectable y causa pérdidas operacionales.	Eliminar actividad	
8	H	Falla en variador por calentamiento.	No es capaz de controlar la velocidad del motor.	Luego de que el horno se detiene, debe girar debido a que las altas temperaturas ocasiona que el horno se pandeé. No hay afectación en la seguridad o medio ambiente, la falla es detectable y causa pérdidas operacionales.	Sin cambios en las actividades realizadas.	Anual
9	I	Lectura errónea de velocidad de giro del motor.	No es capaz de medir la velocidad de rotación del motor.	En sala central indica una velocidad anómala que no coincide con el consumo y potencia del motor, se verifica en campo que este funcionando, no causa afectación a la seguridad o medio ambiente, ni a la operación.	Sin cambios en las actividades realizadas.	Anual
12	I	Lectura errónea de velocidad de giro del motor.	No es capaz de medir la velocidad de rotación del motor.	En sala central indica una velocidad anómala que no coincide con el consumo y potencia del motor, se verifica en campo que este funcionando, no causa afectación a la seguridad o medio ambiente, ni a la operación.	Eliminar actividad	

11	J	Motor se dispara por mala calibración de protecciones termicas.	No es capaz de girar el horno giratorio tubular con capacidad de cocción de 120 toneladas por hora de clinker.	Luego de que el horno se detiene, debe girar debido a que las altas temperaturas ocasiona que el horno se pandeé. No hay afectacion en la seguridad o medio ambiente, la falla es	Sin cambios en las actividades realizadas.	Anual
13	K	Indicación incorrecta de velocidad del motor, convertidor descalibrado.	No es capaz de medir la velocidad de rotación del motor.	En sala central indica una velocidad anomala que no coincide con el consumo y potencia del motor, se verifica en campo que este funcionando, no causa afectación a la seguridad o medio ambiente, ni a la operación.	Sin cambios en las actividades realizadas.	Bimensual
14	L	Fallo del acople Falk por falta de lubricante.	No es capaz de girar el horno giratorio tubular con capacidad de cocción de 120 toneladas por hora de clinker.	Luego de que el horno se detiene, debe girar debido a que las altas temperaturas ocasiona que el horno se pandeé. No hay afectacion en la seguridad o medio ambiente, la falla es detectable y causa perdidas operacionales.	Sin cambios en las actividades realizadas.	Semestral
15	M	Falla en el eje de alargadera por falta de lubricacion	No es capaz de girar el horno giratorio tubular con capacidad de cocción de 120 toneladas por hora de clinker.	Luego de que el horno se detiene, debe girar debido a que las altas temperaturas ocasiona que el horno se pandeé. No hay afectacion en la seguridad o medio ambiente, la falla es detectable y causa perdidas operacionales.	Sin cambios en las actividades realizadas.	Semestral
16	N	Aumento de vibracion en rodamientos del motor	No es capaz de girar el horno giratorio tubular con capacidad de cocción de 120 toneladas por hora de clinker.	Luego de que el horno se detiene, debe girar debido a que las altas temperaturas ocasiona que el horno se pandeé. No hay afectacion en la seguridad o medio ambiente, la falla es detectable y causa perdidas operacionales.	Sin cambios en las actividades realizadas.	Trimestral
17	O	Motor disparado por altas vibraciones o temperaturas.	No es capaz de girar el horno giratorio tubular con capacidad de cocción de 120 toneladas por hora de clinker.	Luego de que el horno se detiene, debe girar debido a que las altas temperaturas ocasiona que el horno se pandeé. No hay afectacion en la seguridad o medio ambiente, la falla es detectable y causa perdidas operacionales.	Sin cambios en las actividades realizadas.	Semanal
18	P	Fallo del eje de alargadera, no hay accionamiento del horno	No es capaz de girar el horno giratorio tubular con capacidad de cocción de 120 toneladas por hora de clinker.	Luego de que el horno se detiene, debe girar debido a que las altas temperaturas ocasiona que el horno se pandeé. No hay afectacion en la seguridad o medio ambiente, la falla es detectable y causa perdidas operacionales.	Sin cambios en las actividades realizadas.	Semanal

Apéndice 7.3.14. Recopilación de actividades, motor de combustión auxiliar del horno.

GFH	Descripción	Plan	Texto Posición Mantenimiento	Descripción	Frecuencia	Especialidad	ID. Actividad
303-06.03	MOTOR AUXILIAR COMBUSTION DEL HORNO	CO501093	ARXX016, RUTA,HORNO,AUT,DIARIO-MARCHA	DAR MARCHA AL MOTOR DURANTE 25 MINUTOS. ASEGURARSE QUE SU FUNCIONAMIENTO SEA CORRECTO. EN CASO CONTRARIO INFORMAR.	Diaria	AUT	1
303-06.03	MOTOR AUXILIAR COMBUSTION DEL HORNO	CO501093	ARXX016, RUTA,HORNO,AUT,DIARIO-MARCHA	REVISAR NIVEL DE LIQUIDO DE LAS BATERIAS SE ENCUENTRE DENTRO DE SU RANGO DE OPERACION. EN CASO CONTRATO INFORMAR.	Diaria	AUT	2
303-06.03	MOTOR AUXILIAR DE COMBUSTIÓN	CO501096	ARXX022, RUTA,HORNO,AUT,MENSUAL-MARCHA	REVISAR EL NIVEL DE ELECTROLITOS DE LA BATERÍA.	Mensual	AUT	3
303-06.03	MOTOR AUXILIAR DE COMBUSTIÓN	CO501096	ARXX022, RUTA,HORNO,AUT,MENSUAL-MARCHA	VERIFICAR EL NIVEL DE ACEITE	Mensual	AUT	4
303-06.03	MOTOR AUXILIAR COMBUSTION HORNO	CO471001	ES563003, MOT.AUX.HORNO,EQM,TRIM.	SISTEMA DE INYECCIÓN: COMPROBAR LOS INYECTORES SI SE OBSERVA ALGUNA ANOMALÍA, CORREGIRLA SI ES EL CASO.	Trimestral	EQM	5
303-06.03	MOTOR AUXILIAR COMBUSTION HORNO	CO471001	ES563003, MOT.AUX.HORNO,EQM,TRIM.	TANQUE DE COMBUSTIBLE: DRENAR AGUA O SEDIMENTOS DEL TANQUE.	Trimestral	EQM	6
303-06.03	MOTOR AUXILIAR COMBUSTION HORNO	CO471001	ES563003, MOT.AUX.HORNO,EQM,TRIM.	DEPURADOR DE AIRE: LIMPIAR O REEMPLAZAR SI ES NECESARIO EL FILTRO DE AIRE DEL MOTOR.	Trimestral	EQM	7
303-06.03	MOTOR AUXILIAR COMBUSTION HORNO	CO471001	ES563003, MOT.AUX.HORNO,EQM,TRIM.	REVISAR CABLES DE LA BATERÍA QUE ESTÉN EN PERFECTO ESTADO.	Trimestral	EQM	8
303-06.03	MOTOR AUXILIAR HORNO	CO471002	ES563004, MOT.AUX.HORNO,EQM,SEME.	CAMBIO DE ELEMENTOS DE FILTRO DE ACEITE, DIESEL Y CAMBIO DE ACEITE DEL MOTOR. CHEQUEAR ANCLAJES DEL MOTOR. LIMPIEZA DEL MOTOR. CHEQUEAR EL ESTADO DE LA PINTURA EXTERIOR.	Semestral	EQM	9
303-06.03	RADIADOR DEL ENFRIADOR MOTOR AUXILIAR DE COMBUSTION	CO471018	MS471001, HORNO,MEC,ANUAL	LIMPIAR E INSPECCIONAR EL RADIADOR DEL ENFRIADOR. LIMPIEZA DE INCRUSTACIONES EN EL RADIADOR. ELIMINACION DE FUGAS.	Anual	MEC	10
303-06.03	RADIADOR DEL ENFRIADOR MOTOR AUXILIAR DE COMBUSTION	CO471018	MS471001, HORNO,MEC,ANUAL	LIMPIEZA DEL ASPA DEL ABANICO.	Anual	MEC	11

303-06.03	MOTOR AUXILIAR DE COMBUSTION	CO471018	MS471001, HORNO,MEC,ANUAL	LIMPIEZA DEL FILTRO DE AIRE	Anual	MEC	12
303-06.03	MOTOR AUXILIAR COMBUSTION HORNO	CO369001	HS568007, RUTINA MOTOR DE COMBUSTION	REVISAR EL NIVEL DE ACEITE DEL MOTOR	Semanal	EQM	13
303-06.03	MOTOR AUXILIAR COMBUSTION HORNO	CO369001	HS568007, RUTINA MOTOR DE COMBUSTION	REVISAR EL NIVEL DEL AGUA DEL RADIADOR	Semanal	EQM	14
303-06.03	MOTOR AUXILIAR COMBUSTION HORNO	CO369001	HS568007, RUTINA MOTOR DE COMBUSTION	REVISAR LAS 6 FAJAS DEL ABANICO DEL RADIADOR DEL MOTOR	Semanal	EQM	15
303-06.03	MOTOR AUXILIAR COMBUSTION HORNO	CO369001	HS568007, RUTINA MOTOR DE COMBUSTION	REVISAR EL NIVEL DE ELECTROLITO DE LAS 2 BATERÍAS. 5. REVISAR LOS RESPIRADERO DE LAS TAPAS DE LAS 2 BATERÍAS	Semanal	EQM	16
303-06.03	MOTOR AUXILIAR COMBUSTION HORNO	CO369001	HS568007, RUTINA MOTOR DE COMBUSTION	REVISAR EL NIVEL DEL TANQUE DEL DIESEL	Semanal	EQM	17
303-06.03	MOTOR AUXILIAR COMBUSTION HORNO	CO369001	HS568007, RUTINA MOTOR DE COMBUSTION	REVISAR EL VOLTAJE APAGADO EL MOTOR	Semanal	EQM	18
303-06.03	MOTOR AUXILIAR COMBUSTION HORNO	CO369001	HS568007, RUTINA MOTOR DE COMBUSTION	DRENAR EL AGUA / DIESEL DEL TANQUE DE COMBUSTIBLE	Semanal	EQM	19
303-06.03	MOTOR AUXILIAR COMBUSTION HORNO	CO369001	HS568007, RUTINA MOTOR DE COMBUSTION	ARRANCAR EL MOTOR POR 15 MINUTOS PARA CALENTARLO	Semanal	EQM	20
303-06.03	MOTOR AUXILIAR COMBUSTION HORNO	CO369001	HS568007, RUTINA MOTOR DE COMBUSTION	MEDIR EL VOLTAJE ARRANCADO EL MOTOR	Semanal	EQM	21
303-06.03	MOTOR AUXILIAR DE COMBUSTIÓN DEL HORNO	CO501010	MRXXX030, RUTA,HORNO,MEC,MENSUAL-MARCHA	COMPROBAR TENSION DE LAS CORREAS AJUSTANDOLAS SI ES NECESARIO.	Mensual	MEC	22
303-06.03	MOTOR AUXILIAR DE COMBUSTIÓN DEL HORNO	CO501010	MRXXX030, RUTA,HORNO,MEC,MENSUAL-MARCHA	COMPROBAR NIVEL DE ACEITE Y SU ESTADO.	Mensual	MEC	23
303-06.03	MOTOR AUXILIAR DE COMBUSTIÓN DEL HORNO	CO501010	MRXXX030, RUTA,HORNO,MEC,MENSUAL-MARCHA	REVISAR CABLES DE LA BATERIA QUE ESTEN EN PERFECTO ESTADO.	Mensual	MEC	24
303-06.03	MOTOR AUXILIAR COMBUSTION HORNO	CO501095	ARXXX019, RUTA,HORNO,AUT,SEMANAL-MARCHA	OBSERVAR NIVEL DE ACEITE Y POSIBLES PERDIDAS EN MOTOR AUXILIAR (DE COMBUSTION) DEL HORNO. REPONER SI ES NECESARIO Y RETROALIMENTAR. TIPO DE ACEITE 15 W 40	Semanal	AUT	25
303-06.03	MOTOR AUXILIAR COMBUSTION HORNO	CO501099	ARXXX036, RUTA,HORNO,AUT,SEMANAL	OBSERVAR NIVEL DE ACEITE Y POSIBLES PERDIDAS EN MOTOR AUXILIAR (DE COMBUSTION) DEL HORNO. REPONER SI ES NECESARIO Y RETROALIMENTAR. - TIPO DE ACEITE 15 W 40	Semanal	AUT	26

Apéndice 7.3.15. Políticas de mantenimiento y frecuencia de ejecución de tareas, motor auxiliar combustión del horno.

ID. Actividad	ID. Modo falla	Modo de falla	Consecuencia	Política de mantenimiento	Cambio de frecuencia
1	A	Motor auxiliar no arranca por arrancador dañado, fajas de distribución flojas, voltaje bajo en batería. Bujías en mal estado	No hay afectación directa en la producción, motor es de respaldo en caso de que motor principal falle, si hay corte de tensión en la planta, la planta de emergencia Caterpillar entra en funcionamiento luego de unos minutos y se enciende motor principal nuevamente. No hay afectación a la seguridad ni al medio ambiente.	Verificar que motor de combustión arranque. Inspeccionar su correcto funcionamiento	Diaria
20	A	Motor auxiliar no arranca por arrancador dañado, fajas de distribución flojas, voltaje bajo en batería. Bujías en mal estado.		Comprobar que elementos mecánicos del motor funcionan correctamente. Realizar por mecánico automotriz.	Semanal
2	B	Falla en el arranque del motor auxiliar por batería descargada por falta de electrolitos		Eliminar actividad	
3	B	Falla en el arranque del motor auxiliar por batería descargada por falta de electrolitos		Eliminar actividad	
16	B	Falla en el arranque del motor auxiliar por batería descargada por falta de electrolitos		Verificar nivel de electrolito de baterías.	Semanal
4	C	Calentamiento del motor por bajo nivel de aceite.		Eliminar actividad	
13	C	Calentamiento del motor por bajo nivel de aceite.		Sin cambios en las actividades realizadas.	Semanal
17	D	Motor no arranca por falta de suministro de combustible.		Sin cambios en las actividades realizadas.	Semanal

23	C	Calentamiento del motor por bajo nivel de aceite.	No hay afectación directa en la producción, motor es de respaldo en caso de que motor principal falle, si hay corte de tensión en la planta, la planta de emergencia Caterpillar entra en funcionamiento luego de unos minutos y se enciende motor principal nuevamente. No hay afectación a la seguridad ni al medio ambiente.	Eliminar actividad	
25	C	Calentamiento del motor por bajo nivel de aceite.		Eliminar actividad	
26	C	Calentamiento del motor por bajo nivel de aceite.		Eliminar actividad	
5	E	Perdida de potencia del motor por falla de inyectores.		Sin cambios en las actividades realizadas.	Trimestral
6	F	Mala combustión por suciedad o agua en el combustible. Perdida de potencia. Fallo en los inyectores.		Sin cambios en las actividades realizadas.	Trimestral
19	F	Mala combustión por suciedad o agua en el combustible. Perdida de potencia. Fallo en los inyectores.		Eliminar actividad	
7	G	Falta de potencia en el motor por falta de aspiración. Mala combustión por falta de oxígeno.		Sin cambios en las actividades realizadas.	Trimestral
12	G	Falta de potencia en el motor por falta de aspiración. Mala combustión por falta de oxígeno.		Eliminar actividad	
8	H	Mal contacto en bornes de batería		Sin cambios en las actividades realizadas.	Trimestral
24	H	Mal contacto en bornes de batería		Eliminar actividad	
9	I	Calentamiento del motor por calidad del lubricante, fallo en los pistones por mala lubricación		Sustitución cíclica de filtros diesel, cambio de aceite del motor y su respectivo filtro.	Semestral
10	J	Mala transferencia de calor en radiador. Fugas de agua en el radiador.		Sin cambios en las actividades realizadas.	Anual

11	K	Vibración en el ventilador del radiador.	No hay afectación directa en la producción, motor es de respaldo en caso de que motor principal falle, si hay corte de tensión en la planta, la planta de emergencia Caterpillar entra en funcionamiento luego de unos minutos y se enciende motor principal nuevamente. No hay afectación a la seguridad ni al medio ambiente.	Sin cambios en las actividades realizadas.	Anual
14	L	Calentamiento del motor por falta de refrigerante (agua)		Sin cambios en las actividades realizadas.	Semanal
15	M	Fajas en mal estado, No hay transmisión de potencia al eje conductor.		Sin cambios en las actividades realizadas.	Semanal
22	M	No hay transmisión de potencia al eje conductor.		Eliminar actividad	
18	N	Falla en el arranque del motor auxiliar por bajo voltaje.		Sin cambios en las actividades realizadas.	Semanal
21	O	Alternador no genera voltaje para la carga de la batería		Sin cambios en las actividades realizadas.	Semanal

Apéndice 7.3.16. Recopilación de actividades, Transmisores del horno

GFH	Descripción	Plan	Texto Posición Mantenimiento	Descripción	Frecuencia	Especialidad	ID. Actividad
+++	TOMAS DE DEPRESIONES HORNO Y TORRE	CO501149	IW633001, RUTA,HORNO,INST,MENSUAL	1. PONERSE DE ACUERDO CON LA SALA CENTRAL PARA EFECTUAR EL TRABAJO EN LA TOMA 2. LIMPIEZA MEDIANTE BROCHA DEL EXTERIOR DEL TRANSMISOR. 3. MEDIANTE VARILLA Y AIRE MECANIZADO LIMPIAR DE OBSTRUCCIONES LA TOMA DE PRESIÓN. 4. COMPROBAR ESTADO DE CABLES, PRENSAESTOPAS, ETC. 5. COMPROBAR HERMETICIDAD DE LA CAJA DEL TRANSMISOR.	Mensual	INS	1
+++	LAZOS DE PRESION HORNO Y TORRE	CO501150	IW633002, RUTA2,HORN,INST,MENSUAL	1. PONERSE DE ACUERDO CON LA SALA CENTRAL PARA EFECTUAR EL TRABAJO EN LA TOMA 2. LIMPIEZA MEDIANTE BROCHA DEL EXTERIOR DEL TRANSMISOR. 3. MEDIANTE VARILLA Y AIRE MECANIZADO LIMPIAR DE OBSTRUCCIONES LA TOMA DE DE PRESIÓN. 4. COMPROBAR ESTADO DE CABLES, PRENSAESTOPAS, ETC. 5. COMPROBAR HERMETICIDAD DE LA CAJA DEL TRANSMISOR.	Mensual	INS	2
+++	LAZOS DE FLUJO HORNO Y TORRE	CO501151	IW633003, RUTA,HORN,INST,MENSUAL,LAZ FLU	1. PONERSE DE ACUERDO CON LA SALA CENTRAL PARA EFECTUAR EL TRABAJO EN LA TOMA 2. LIMPIEZA MEDIANTE BROCHA DEL EXTERIOR DEL TRANSMISOR. 3. MEDIANTE VARILLA Y AIRE MECANIZADO LIMPIAR DE OBSTRUCCIONES LA TOMA DE DE PRESIÓN. 4. COMPROBAR ESTADO DE CABLES, PRENSAESTOPAS, ETC. 5. COMPROBAR HERMETICIDAD DE LA CAJA DEL TRANSMISOR.	Mensual	INS	3
+++	LAZOS DE TEMPERATURA	CO501153	IW636002, RUTA,HORNO,INST,BIMENSUAL	1. LIMPIEZA DE LA CAJA DEL TRANSMISOR Y DE LA CABEZA DEL TERMOPAR. 2. COMPROBAR ESTADO DE CABLES DE CONEXIÓN Y PRENSAESTOPAS. 3. COMPROBAR ESTADO INTERIOR DE LA CABEZA DE CONEXIÓN. 4. COMPROBAR HERMETICIDAD DE LA TAPA. 5. COMPROBAR SU POSICIÓN DE TRABAJO Y APRIETE DE LA BRIDA DE FIJACIÓN.	Bimensual	INS	4

Apéndice 7.3.17. Políticas de mantenimiento y frecuencia modificadas de transmisores del horno.

ID. Actividad	ID. Modo falla	Modo de falla	Consecuencia	Política de mantenimiento	Cambio de frecuencia
1	A	Toma de presión en alimentación al horno obstruidos. Falso contacto de transmisor.	Una señal de alta o baja presión puede indicarle al técnico de sala que existe un problema que pone en riesgo en poner en paro al horno, cuando se nota una medición anormal, se llama al instrumentista para que visite en campo la toma de presión y verifique su funcionamiento.	Sin cambios en las actividades realizadas. Modificar frecuencia.	Anual
2	B	Toma de presión en ventiladores del horno obstruidos. Falso contacto de transmisor.	Una señal de alta o baja presión puede indicarle al técnico de sala que existe un problema que pone en riesgo en poner en paro al horno, cuando se nota una medición anormal, se llama al instrumentista para que visite en campo la toma de presión y verifique su funcionamiento.	Sin cambios en las actividades realizadas. Modificar frecuencia.	Trimestral
3	C	Lazos de flujo de ventiladores obstruidos. Falso contacto de transmisor.	El mal funcionamiento de los ventiladores de enfriamiento del horno ocasiona que la temperatura exterior del horno aumente a niveles peligrosos que pueden dañar la estructura del horno. Medir el caudal de estos es importante para monitorear y controlar la velocidad de los ventiladores.	Sin cambios en las actividades realizadas. Modificar frecuencia.	Trimestral
4	D	Lazos de temperatura indican baja temperatura.	Cuando el lazo presenta baja temperatura, el tecnico de sala central indica al instrumentista que visite el lazo y lo limpie, el exceso de suciedad impide que se pueda tomar una buena medición a la temperatura.	Sin cambios en las actividades realizadas. Modificar frecuencia.	Semestral