

	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	Documento FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	Código F-AC-DBL-007	Fecha 10-04-2012	Revisión A
Dependencia DIVISIÓN DE BIBLIOTECA	Aprobado SUBDIRECTOR ACADEMICO		Pág. 1(86)	

RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	ANGGIE ZULEIDY RINCON ORTEGA		
FACULTAD	INGENIERIAS		
PLAN DE ESTUDIOS	INGENIERIA MECANICA		
DIRECTOR	EDWIN ESPINEL BLANCO		
TÍTULO DE LA TESIS	PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM) PARA EL HORNO ROTATORIO ALLIS CHALMERS EN LA PLANTA DE CEMENTO CUCUTA, CEMEX COLOMBIA S.A		
RESUMEN (70 palabras aproximadamente)			
<p>EL OBJETIVO DEL SIGUIENTE INFORME ES DAR A CONOCER LAS ACTIVIDADES QUE REALIZO LA PRACTICANTE DE MANTENIMIENTO MECÁNICO DURANTE SUS PASANTÍAS EN LA EMPRESA CEMEX COLOMBIA EN EL II SEMESTRE DEL 2015, DONDE EL DESARROLLO DE LOS OBJETIVOS DA COMO RESULTADO UN PLAN DE MANTENIMIENTO COMPUESTO POR TAREAS PREVENTIVAS, PREDICTIVAS Y DE REACONDICIONAMIENTO CICLICO, CON EL FIN DE DAR UNA MEJORA BASADA EN LA CONFIABILIDAD DEL ACTIVO MEDIANTE UN ANALISIS COMPLETO DE RCM.</p>			
CARACTERÍSTICAS			
PÁGINAS: 87	PLANOS: 5	ILUSTRACIONES: 22	CD-ROM: 1



**PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM) PARA
EL HORNO ROTATORIO ALLIS CHALMERS EN LA PLANTA DE CEMENTO
CUCUTA, CEMEX COLOMBIA S.A**

**ANGGIE ZULEIDY RINCON ORTEGA
Cod. 180572**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS
INGENIERIA MECANICA
OCAÑA NORTE DE SANTANDER
2016**

**PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM) PARA
EL HORNO ROTATORIO ALLIS CHALMERS EN LA PLANTA DE CEMENTO
CUCUTA, CEMEX COLOMBIA S.A**

**ANGGIE ZULEIDY RINCON ORTEGA
Cod. 180572**

**Trabajo de grado modalidad pasantía para optar por el título de
Ingeniera Mecánica**

**Director
EDWIN ESPINEL BLANCO
Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS
INGENIERIA MECANICA
OCAÑA NORTE DE SANTANDER
2016**

A DIOS por permitirme vivir y cumplir mis metas

A mi Madre Ninfa Rosa Ortega Arenas

A mi Padre Jorge Emiro Rincón

Y mis hermanos Robinson, Marly Patricia y Maria Angelica

*Por apoyarme y acompañarme en cada etapa de mi formación ética y
profesional*

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION	12
1. PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM) PARA EL HORNO ROTATORIO ALLIS CHALMERS EN LA PLANTA DE CEMENTO CÚCUTA, CEMEX COLOMBIA S.A	13
1.1 DESCRIPCION DE LA EMPRESA	13
1.1.1 Visión.....	13
1.1.2 Misión.....	13
1.1.3 Objetivos de la empresa.....	14
1.1.4 Descripción de la estructura organizacional.....	14
1.1.5 Descripción de la dependencia.....	16
1.2 DIAGNOSTICO INICIAL DE LA DEPENDENCIA ASIGNADA.....	17
1.2.1 Planteamiento del problema.....	19
1.3 OBJETIVOS	20
1.3.1 Objetivo general.....	20
1.3.2 Objetivos específicos	20
1.4 DESCRIPCION DE LAS ACTIVIDADES	21
2 ENFOQUES REFERENCIALES.....	22
2.1 ENFOQUE CONCEPTUAL.....	22
2.2 ENFOQUE LEGAL	24
3 INFORME DE CUMPLIMIENTO DEL TRABAJO.....	25
3.1 PRESENTACION DE RESULTADOS	25
3.1.1 Objetivo especifico 1	25
3.1.2 Objetivo especifico 2.....	50
3.1.3 Objetivo especifico 3.....	56
4 DIAGNOSTICO FINAL	67
5 CONCLUSIONES.....	68
6 RECOMENDACIONES.....	69
BIBLIOGRAFÍA	70
ANEXOS	71

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estructura organizacional planta Cemex Cúcuta	15
Figura 2. Esquema general del proceso productivo de la planta Los Patios - CEMEX Colombia S.A.....	27
Figura 3. Proceso de calcinación en el horno	30
Figura 4. Correo enviado a los participantes del grupo	37
Figura 5. Planilla de seguimiento y asistencia RCM.....	38
Figura 6. Planilla de seguimiento y asistencia RCM.....	38
Figura 7. Formato Scorecard 2015	39
Figura 8. Formato de reuniones RCM.....	40
Figura 9. Hoja de información RCM II CEMEX S.A	49
Figura 10. Hoja de información análisis horno Allis-Chalmers CEMEX Planta Los Patios Pág. 1.....	51
Figura 11. Hoja de información análisis horno Allis-Chalmers CEMEX Planta Los Patios Pág. 2.....	52
Figura 12. Hoja de información análisis horno Allis-Chalmers CEMEX Planta Los Patios Pág. 3.....	53
Figura 13. Hoja de información análisis horno Allis-Chalmers CEMEX Planta Los Patios Pág. 4.....	54
Figura 14. Hoja de información análisis horno Allis-Chalmers CEMEX Planta Los Patios Pág. 5.....	55
Figura 15. Hoja de decisión RCM II CEMEX S.A	57
Figura 16. Árbol lógico de decisiones del RCM II	58
Figura 17. Hoja de decisiones análisis horno Allis-Chalmers CEMEX Planta Los Patios Pág. 1.....	60
Figura 18. Hoja de decisiones análisis horno Allis-Chalmers CEMEX Planta Los Patios Pág. 2.....	61
Figura 19. Hoja de decisiones análisis horno Allis-Chalmers CEMEX Planta Los Patios Pág. 3.....	62
Figura 20. Hoja de decisiones análisis horno Allis-Chalmers CEMEX Planta Los Patios Pág. 4.....	63
Figura 21. Hoja de decisiones análisis horno Allis-Chalmers CEMEX Planta Los Patios Pág. 5.....	64
Figura 22. Carpeta de RCM Horno Allis-Chalmers en SCM de la Planta Los Patios.....	66

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Diagnóstico inicial de la dependencia mantenimiento mecánico a través de la matriz DO FA.....	17
Cuadro 2. Estrategias diagnóstico inicial de la dependencia Operaciones a través de la matriz DOFA	18
Cuadro 3. Descripción de las actividades	21

LISTA DE FOTOS

Foto 1. Sello en la descarga del horno	28
Foto 2. Sección de tubo del horno	29
Foto 3. Aros de rodadura o llanta	29
Foto 4. Rodillo y Chumacera	30
Foto 5. Catarina y piñón sistema de transmisión	30
Foto 6. Zapatas o palanquillas	31
Foto 7. Roldana de empuje	31
Foto 8. Base de concreto	32
Foto 9. Ladrillo refractario en el interior del horno	32
Foto 10. Mampara y guarda de rodillo	33
Foto 11. Tubo colgando en la pasarela de la primera base	38
Foto 12. Cárcamo destapado	38
Foto 13. Cables de ventiladores de refrigeración sueltos	39
Foto 14. Tubo de desagüe en des uso sobresaliente y pared en mal estado	39
Foto 15. Tubo de desagüe inservible y fachada en mal estado	40
Foto 16. Segunda base sin recubrimiento de pintura epoxica	40
Foto 17. Cuarta base sin recubrimiento de pintura epoxica	41
Foto 18. Hundimiento y deformación en la cuarta base	41
Foto 19. Tubería mal instalada y muro en mal estado	42
Foto 20. Tubería de refrigeración de las chumaceras en cuarta base	42
Foto 21. Tubería de refrigeración de las chumaceras en quinta base	43
Foto 22. Ventilador sin base fija en la pasarela de la cuarta base	43
Foto 23. Guarda de rodillo en mal estado	44
Foto 24. Escalera de entrada en la tercera base	44

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Diagrama de flujo, área trituración de materia prima de la planta Los Patios	72
Anexo 2. Diagrama de flujo, área molienda de crudo y almacenamiento de harina de la planta Los Patios ...	73
Anexo 3. Diagrama de flujo, área precalentamiento y clinkerización de la harina de la planta Los Patios	74
Anexo 4. Diagrama de flujo, área molienda de cemento de la planta Los Patios.....	75
Anexo 5. Diagrama de flujo, área empaque de cemento de la planta Los Patios	76
Anexo 6. Contexto operacional	77
Anexo 7. Plan de acción RCM CEMEX planta Los Patios	85

INTRODUCCION

La industria moderna, se rige por la eficiencia, eficacia y la alta competitividad, para la permanencia de una compañía en el mercado globalizado, en el caso de la industria cementera donde el objetivo es producir cemento, concreto y productos para la construcción con bajos costos operativos, ambientales y humanos, el correcto funcionamiento de los equipos utilizados en la producción hace parte de la estrategia productiva.

La aplicación de un correcto mantenimiento contribuye en la competitividad de la compañía cuando sus costos representan una inversión que asegura la continua operación, con el fin de optimizar su gestión, el mantenimiento sufre constantemente cambios tecnológicos y de estrategias, el mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) es una estrategia que contribuye de manera positiva al mantenimiento, puesto que permite llevar a cabo la evaluación y selección de tareas que se pueden implementar en forma rápida y segura, esta técnica conduce a obtener resultados extraordinarios en cuanto a mejoras y rendimiento del equipo de mantenimiento donde quiera que sea aplicado.

El RCM es una forma ideal para desarrollar planes de mantenimiento en equipos para los que no existe mucha documentación, apoyándose en la experiencia de los mantenedores y operadores de los activos, es esta una de sus fortalezas por eso el RCM utiliza un lenguaje técnico sencillo y fácil de entender para todos los involucrados, esto genera confianza en el técnico y mejora su efectividad al hacerlo parte del proceso y tener en cuenta su experiencia.

1. PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM) PARA EL HORNO ROTATORIO ALLIS CHALMERS EN LA PLANTA DE CEMENTO CÚCUTA, CEMEX COLOMBIA S.A

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

CEMEX es una compañía global de soluciones para la industria de la construcción, que ofrece productos de alta calidad y servicio confiable a clientes y comunidades en más de 50 países en el mundo. CEMEX es una compañía global en crecimiento dedicada a la creación de soluciones para la construcción que produce, distribuye y comercializa cemento, concreto, agregados y materiales relacionados con los clientes y las comunidades en más de 50 países.¹

CEMEX Colombia, nació en 1996, cuando dentro de su política de expansión en mercados en crecimiento, CEMEX adquirió dos de las más importantes compañías cementeras del país: Cementos Diamante S.A. e Industrias e Inversiones Samper S.A.

La planta de Cúcuta inicio operaciones en el año 1983 con el nombre de cementos Diamante y es una de las 2 plantas productoras de cemento de Cemex en Colombia. Tiene una capacidad instalada de 438.000 toneladas de cemento al año.

La planta está ubicada en la región nororiental de Colombia, Kilómetro 7 vía Pamplona, Los patios departamento Norte de Santander (Limite con Venezuela)²

1.1.1 Visión.

“Construyendo un mejor futuro”

1.1.2 Misión.

“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”³

¹ CEMEX. (s.f.). *Acerca de Cemex*. Recuperado el 17 de Agosto de 2015, de Cemex Colombia: <http://www.cemexcolombia.com/NuestraEmpresa/PerfilCompañia.aspx>

² CEMEX. (s.f.). *Acerca de Cemex*. Recuperado el 17 de Agosto de 2015, de Cemex Colombia : <http://www.cemexcolombia.com/NuestraEmpresa/Historia.aspx>

³ CEMEX. (s.f.). *Acerca de Cemex*. Recuperado el 17 de Agosto de 2015, de Cemex Colombia : <http://www.cemexcolombia.com/NuestraEmpresa/Vision.aspx>

1.1.3 Objetivos de la empresa. “Evolucionamos constantemente para ser más flexibles en nuestras operaciones, más creativos en nuestras ofertas comerciales, más sostenibles en nuestro uso de recursos, más innovadores en la conducción de nuestro negocio global, y más eficientes en nuestra asignación de capital”

Estrategia de negocios y finanzas

Ayudar a nuestros clientes a lograr el éxito

Desarrollo sostenible

Eficiencia operativa

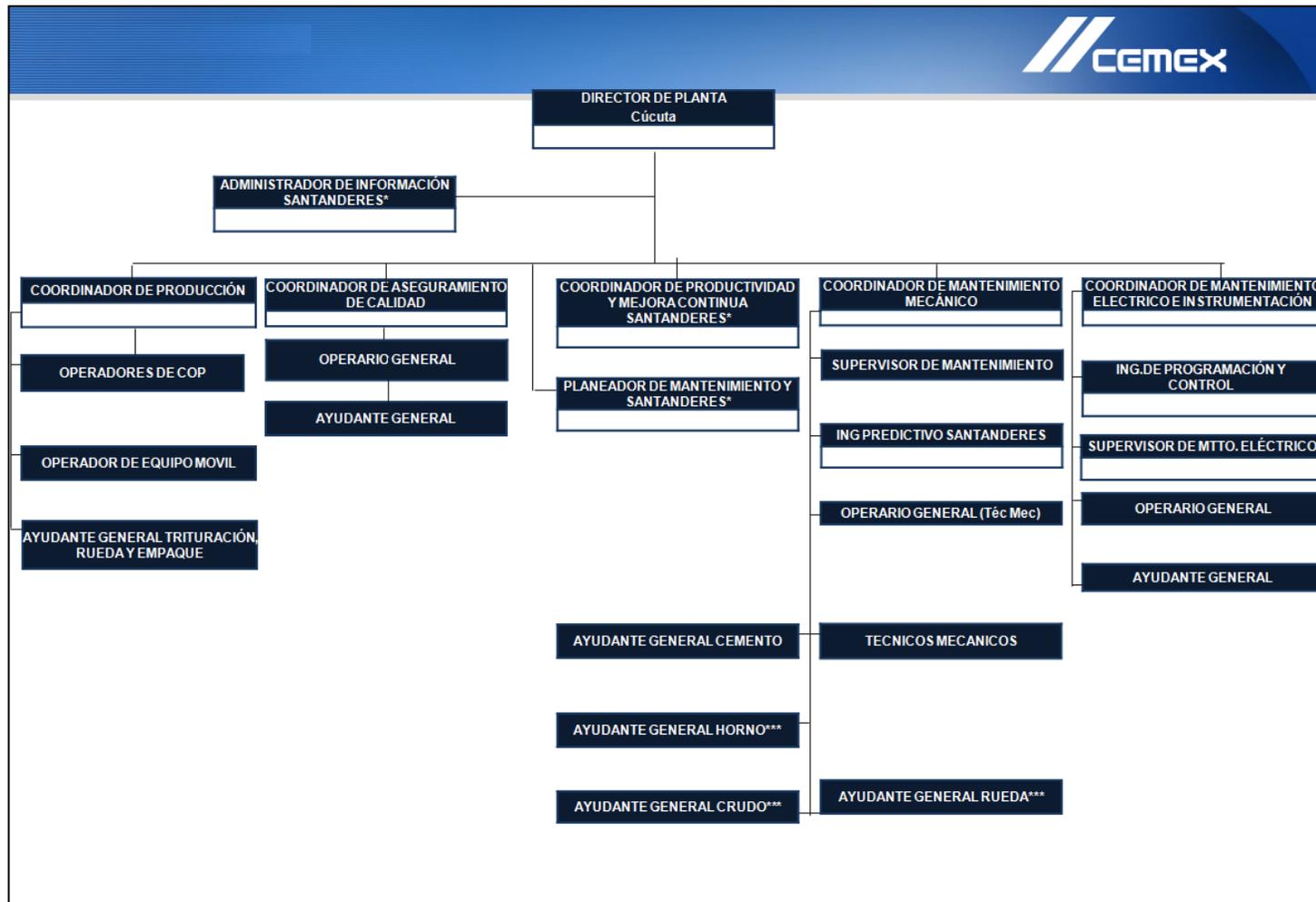
Innovación.⁴

1.1.4 Descripción de la estructura organizacional. Cemex es una multinacional que maneja varios esquemas de estructura organizacional para cada una de sus sucursales.

En el caso de la Cemex Colombia, existen 10 vicepresidencias y de cada una se desprenden los directores y su equipo de trabajo. Para la planta Los Patios la estructura organizacional está conformada por el Gerente, un administrador de información, cinco coordinadores (un coordinador por departamento), y equipo de trabajo de cada uno de ellos. (*Ver figura 1*).

⁴ CEMEX. (s.f.). *Acerca de Cemex*. Recuperado el 17 de Agosto de 2015, de Cemex Colombia : <http://www.cemexcolombia.com/NuestraEmpresa/NuestroEnfoque.aspx>

Figura 1. Estructura organizacional planta Cemex Cúcuta



Fuente: Planta Cemex Cúcuta

1.1.5 Descripción de la dependencia. La planta Los patios CEMEX es una organización dedicada a la fabricación de clinker, y cemento gris, se lleva a cabo el proceso completo del cemento como lo es la trituración, hornos, molienda y empaque de cemento, actualmente se encuentra certificada en la norma ISO 9001 del 2008, la cual se logra con el objetivo de brindar a los clientes un producto con los más altos estándares de calidad, de igual forma se encuentra certificada en la norma ISO 14001 de gestión ambiental.

La planta cuenta con el área de mantenimiento mecánico, el área está encargada de desarrollar los programas de mantenimiento preventivo y predictivo, los cuales se realizan periódicamente con el trabajo en equipo de las partes que conforman el área, el equipo está conformado de la siguiente manera:

Coordinador de mantenimiento, es el mayor rango en el área de mantenimiento, el coordinador es el encargado de supervisar la totalidad de los trabajos realizados, llevar el control del indicador de confiabilidad, y es quien establece los trabajos de mantenimiento en la planta.

Supervisores de mantenimiento, quienes tienen la responsabilidad de llevar al día lo correspondiente al mantenimiento preventivo, las rutas y órdenes de trabajo diarias en cada área. Los supervisores están encargados por áreas de la siguiente manera; esta el primer supervisor en el área de trituración y molienda de crudo, el segundo supervisor en el área de horno, enfriador y carbón, y el tercer supervisor encargado del área de molienda y empaque de cemento.

Ingeniero predictivo de Santanderes, está encargado de llevar al día lo correspondiente al mantenimiento predictivo, establecer rutas y hacer análisis en campo de vibraciones, ultrasonido, termo grafía, medición de desgaste.

Técnicos mecánicos, son los encargados de ejecutar las órdenes de trabajo generadas en las rutas de mantenimiento establecidas por el planeador y los supervisores de mantenimiento mecánico, junto con los técnicos mecánicos están los ayudantes generales organizados por áreas, está el ayudante general de la rueda Louise, del molino de cemento, de crudo, y de horno encargados de las labores en campo de mantenimiento preventivo de cada área.

La empresa cuenta con un software llamado SAP (Sistemas, Aplicaciones y productos), el cual permite realizar las rutas de mantenimiento preventivo y predictivo, crear y modificar ordenes de trabajo, ver hojas de vida de los equipos, manejo de pedido de repuestos en almacén y costos de servicios prestados a la empresa, esto respecto a mantenimiento.

Hacen parte de la dependencia de mantenimiento, los grupos de RCM (mantenimiento centrado en confiabilidad) conformados por un facilitador de RCM y un conjunto de personas de diferente áreas, este grupo se reúne una vez a la semana para realizar el estudio correspondiente al equipo al cual se le está aplicando esta metodología.

1.2 DIAGNÓSTICO INICIAL DE LA DEPENDENCIA ASIGNADA.

Cuadro 1. Diagnóstico inicial de la dependencia mantenimiento mecánico a través de la matriz DO FA

Debilidades	Oportunidades
<ul style="list-style-type: none"> • Dificultad para la organización de los espacios de tiempo de los operarios para la asistencia a las reuniones de RCM • Falta de profundización en la aplicación de los conocimientos de RCM • Aplicación de mantenimiento correctivo debido a falta de organización en tareas preventivas 	<ul style="list-style-type: none"> • Establece un desarrollo proactivo puesto que promueve el empleo de las comunidades vecinas. • Generación de ideas innovadoras que promuevan la mejora continúa. • Existe gran variedad de personal calificado el cual puede ofrecer capacitaciones para la orientación de seguridad de los trabajadores • Mantiene una comunicación interna y externa con la comunidad vecina y el personal que labora en la planta.
Fortalezas	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> • La empresa cuenta con personal calificado y con experiencia para la ejecución de las actividades de mantenimiento • Excelente organización administrativa de mantenimiento • Gran importancia a la seguridad de los empleados en el trabajo • Se cuenta con los recursos necesarios para la práctica de mantenimiento predictivo • Iniciativa de mejoramiento continuo en la organización • Cuenta con certificación de calidad según la norma ISO 9001 en producción de Clinker y cemento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Incremento de las fallas en los equipos, que puede llevar a la aplicación de más mantenimientos correctivos • Incumplimiento de las normas de seguridad por parte de los empleados planteadas por la organización y dadas en las capacitaciones • Aumento de paradas no planeadas en la planta por falta de mantenimiento

Fuente. Pasante

Cuadro 2. Estrategias diagnóstico inicial de la dependencia Operaciones a través de la matriz DOFA

FO	DO
<ul style="list-style-type: none"> • Evaluar la forma de aplicación de las actividades de mantenimiento para la reducción de paradas inesperadas de los equipos y así mismo las perdidas en el proceso • Incentivar a los empleados de la empresa hacer partícipe de la mejora continua de la organización teniendo en cuenta la seguridad en el trabajo 	<ul style="list-style-type: none"> • Aportar a la filosofía de RCM para que se lleve a la aplicación y lleguen a reemplazarse las actividades de mantenimiento preventivo por las seleccionadas en la hoja de decisiones • Incentivar la aplicación del mantenimiento centrado en confiabilidad en la organización a través de la visualización de los beneficios adquiridos al aplicarse en otros equipos
FA	DA
<ul style="list-style-type: none"> • Impulsar la participación constante de los empleados en las reuniones que se realizan para mejorar las actividades de mantenimiento realizadas 	<ul style="list-style-type: none"> • Incluir en las rutas de mantenimiento las actividades propuestas en las reuniones para evitar las consecuencias de las fallas funcionales del equipo y mejorar su rendimiento.

Fuente. Pasante

1.2.1. Planteamiento del problema. Actualmente, debido al crecimiento de la población, se ha hecho inevitable la mejora continua en los servicios básicos para la subsistencia del hombre, además del desarrollo de la infraestructura y generación de productos que ayuden a su bienestar, Cemex se ha definido como una compañía que trabaja para la industria de la construcción, manteniendo unas políticas de calidad para la producción de cemento, concreto y otros agregados, aportando así para el desarrollo.

Los equipos utilizados para la producción, diariamente están propensos a fallar y dejar de cumplir su función cuando es requerida, regularmente se aprecia la aplicación del mantenimiento correctivo y preventivo para mantener en pie la producción y el funcionamiento adecuado de los equipos, en los análisis de criticidad realizado en la empresa CEMEX planta los patios, entre los equipos más críticos se encuentra en primer lugar el Horno rotativo Allis- Chalmers, es el activo principal de la producción, consiste en un tubo cilíndrico apoyado sobre 5 estaciones de rodadura, que tiene una pendiente del orden del 3.5 % con respecto a la horizontal y que gira a velocidades de rotación comprendidas entre 1.8 y 2.01 rpm, en su interior con ladrillos refractarios y con un diámetro de aproximadamente 3.7 metros y una longitud de 100 metros.

Para el mantenimiento del horno se realiza una parada de este una vez al año, donde se hace cambio de ladrillo refractario, mantenimiento en rodillos, chumaceras, demás componentes mecánicos y de acuerdo al estado de excentricidad y ovalidad en que se encuentre el equipo cambio de virola, en el último año el horno se ha parado por emergencia más de una vez, lo cual representa un gasto económico para la planta por el mantenimiento correctivo y detener la producción de Clinker inesperadamente, actualmente no existe un plan de mantenimiento que

pueda asegurar la prevención de los paros de emergencia del equipo, aunque diariamente existen las rutas de mantenimiento preventivo y predictivo se siguen presentando fallas inesperadas; con el plan de mantenimiento centrado en confiabilidad planteado en este proyecto se pretende eliminar las consecuencias de las fallas y los paros de emergencia del activo en busca de una mejora enfocada en la confiabilidad y por consiguiente mejorar la producción, dando así una solución a la condición actual del horno y un aporte positivo a la economía de la empresa.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general. Proponer una estrategia de Mantenimiento basada en la aplicación de la filosofía RCM -Mantenimiento Centrado en Confiabilidad- para el horno rotatorio Allis- Chalmers en la planta de cemento- Cúcuta, CEMEX Colombia SA

1.3.2 Objetivos específicos. Se plantean los siguientes

Describir las funciones del activo y las fallas asociadas a cada función para cada subsistema según el contexto operacional.

Determinar la criticidad de los subsistemas que conforman el horno determinando sus modos de fallos e impacto operacional.

Definir las tareas de mantenimiento proactivas que deben realizarse según el análisis de cada falla funcional.

1.4 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES

Cuadro 3. Descripción de las actividades

Objetivo General	Objetivos Específicos	Actividades a desarrollar
<p>Proponer una estrategia de Mantenimiento basada en la aplicación de la filosofía RCM -Mantenimiento Centrado en Confiabilidad- para el horno rotatorio Allis- Chalmers en la planta de cemento- Cúcuta, CEMEX Colombia SA</p>	<p>Describir las funciones del activo y las fallas asociadas a cada función para cada subsistema según el contexto operacional</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Conocer el proceso productivo de la planta. • Relacionarse con la información operacional y de mantenimiento del horno rotatorio Allis-Chalmers. • Definir los límites de estudio del RCM, y realizar el contexto operacional con los subsistemas que hacen parte del estudio. • Participar activamente en las reuniones del grupo de trabajo de RCM y llevar a cabo el formato de asistencia y avances semanales. • Determinar las tareas a ejecutar en el plan de acción inmediato y realizar el formato con los trabajos hechos. • Describir las funciones y fallas funcionales del equipo.
	<p>Determinar la criticidad de los subsistemas que conforman el horno rotatorio Allis-Chalmers determinando sus modos de fallos e impacto operacional</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Diagnóstico y análisis de los modos de falla y efectos para cada falla funcional
	<p>Definir las tareas de mantenimiento proactivas que deben realizarse según el análisis de cada falla funcional.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Seleccionar las tareas de mantenimiento por medio del diagrama lógico de decisiones, y la frecuencia con la que deben realizarse. • Incluir análisis hecho al equipo en el SCM.

Fuente. Pasante

2 ENFOQUES REFERENCIALES

2.1 ENFOQUE CONCEPTUAL

SAP: Es un sistema de información basado en módulos integrados, que abarca prácticamente todos los aspectos de la administración empresarial.

SAP es un sistema ya definido que se adopta a todas las necesidades de una empresa. Para ello se usan los módulos que se requieran y se configuran para adaptarse a las necesidades de la empresa. SAP esta creado para abarcar todos los sectores del negocio.⁵

Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM): Un proceso utilizado para determinar que se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su actual contexto operacional.⁶

Facilitador: Un facilitador en RCM es en encargado de facilitar la aplicación de la filosofía RCM, realizando una serie de preguntas altamente estructuradas a un grupo de gente elegido por el conocimiento sobre un equipo específico del equipo específico del proceso, asegurando que el grupo alcance el consenso en las respuestas y registrándolas.⁶

EPP: Se entenderá por Elemento de Protección Personal (EPP) a cualquier equipo destinado a ser llevado o sujetado por el trabajador para que le proteja de uno o varios riesgos que puedan amenazar su seguridad o salud en el trabajo, así como cualquier complemento o accesorio destinado a tal fin.⁷

Clinker: Es una sustancia que consta de 4 fases principales: silicatos-tri y di-cálcicos, aluminato tricálcico y aluminoferrito tetra cálcico. Habitualmente puede haber cierta cantidad de cal sin reaccionar. Se origina por medio de una transformación mineralógica de una mezcla específica y precisa de materias primas basada en óxidos de calcio, silicio, aluminio, hierro y pequeñas cantidades de otros elementos.⁸

⁵ Universidad de Malaga Departamento de Contabilidad y Gestion . (s.f.). De la empresa sobre soluciones SAP. Recuperado el 30 de Noviembre de 2015, de www.mastersap.es/sap/

⁶ Moubrey, J. Reliability-centred Maintenance (RCM) (Edición en Español ed.). Aladon

⁷ Zorrilla, S. P. (2012). Elementos de proteccion personal . Oficina de Gestion de Higiene, Seguridad y Medioambiente Laboral

⁸ Holcim. (s.f.). Ficha de datos de seguridad del clinker de cemento Portland. Recuperado el 30 de Noviembre de 2015, de www.holcim.es/fileadmin/templates/ESP/doc/Fichas_Seguridad_Cemento/FDS-clinker-Octubre11_01.pdf

Caliza: La caliza, o roca calcárea, es una roca sedimentaria compuesta mayoritariamente por carbonato de calcio (CaCO_3), generalmente calcita, aunque frecuentemente presenta trazas de magnesita (MgCO_3) y otros carbonatos.⁹

Criba vibratoria: La función de la criba separadora por lo regular se describe como la separación de material grande de una alimentadora de material más fino.¹⁰

Ciclón: Los ciclones son equipos mecánicos estacionarios, ampliamente utilizados en la industria, que permiten la separación de partículas de un sólido o de un líquido que se encuentran suspendidos en el gas portados, mediante la fuerza centrífuga.¹¹

Elevador de cangilones: Son los sistemas más utilizados para el transporte vertical de materiales a granel, secos, húmedos e incluso líquidos. Son diseños con amplias opciones de altura, velocidad y detalles constructivos según el tipo de material que tienen que transportar.¹²

Refractario: La norma UNE (150 R836-68) define a los materiales refractarios como aquellos productos naturales o artificiales cuya refractariedad (Resistencia pirosopica) es igual o superior a 1500°C. Es decir, resisten esas temperaturas sin fundir o reblandecer. La resistencia pirosopica se determina según la norma UNE 61042.

Chumaceras: La chumacera es una combinación de un rodamiento, sello, y un alojamiento de hierro colado de alto grado o de acero prensado, suministrado de varias formas. La superficie exterior de rodamiento y la superficie interior del alojamiento son esféricas, para que la unidad sea auto-alineable.¹³

Sensor: Un sensor o captador, es un dispositivo diseñado para recibir información de una magnitud del exterior y transformarla en otra magnitud, normalmente eléctrica, que seamos capaces de cuantificar y manipular.

Normalmente estos dispositivos se encuentran realizador mediante la utilización de componentes pasivos que varían su magnitud en función de alguna variable, y la utilización de componentes activos.

⁹ C. Klein, C. S. Manual de Mineralogía,. Reverté, 1998.

¹⁰ Construcción pan-Americana. Recuperado el 07 de Diciembre de 2015. Construcción pan-Americana. Obtenido de <http://www.cpampa.com/web/cpa/2008/09/guia-practica-sobre-cribas-separadoras-vibratorias>.

¹¹ ing unlp. (s.f.). Recuperado el 12 de Noviembre de 2015, de: www.ing.unlp.edu.ar/dquimica/paginas/catedras/iofq809/apuntes/Ciclones.pdf

¹² Elevador por cangilones. Colombia. Autor, s. (s.f.). Recuperado el 12 de Noviembre de 2015, de http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/ingenieria-de-transportes/material-de-clase1/elevadores_cangilones.pdf

¹³ TIMKEN . (s.f.). *PROYESA El Salvador* . Recuperado el 02 de Diciembre de 2015, de www.proyesa.com.sv/ind-chumaceras.php

2.2 ENFOQUE LEGAL

Ley 09 de 1979. Por el cual se dictan medidas sanitarias. Título III Salud Ocupacional.

Norma SAE JA 1012 Enero 2002. Una guía para la norma de mantenimiento centrado en confiabilidad.

NTC ISO 9001.2008. Sistemas de gestión de la calidad.

NTC ISO. 14001.2004. Sistema de gestión ambiental.

3 INFORME DE CUMPLIMIENTO DEL TRABAJO

3.1 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

3.1.1 Objetivo específico 1. Describir las funciones del activo y las fallas asociadas a cada función para cada subsistema según el contexto operacional.

Para dar cumplimiento a cada uno de los objetivos planteados se realizaron una serie de actividades que muestran el trabajo realizado durante la pasantía en la empresa CEMEX planta los Patios.

Actividad 1. Conocer el proceso productivo de la planta.

Para dar cumplimiento a la primera actividad, la practicante de mantenimiento mecánico debió dirigirse a la documentación asociada con el proceso de producción encontrada en la red de la empresa, de la misma manera dirigirse a campo y verificar la información descrita en los documentos y reconocer el proceso de producción en cada área de la planta.

La planta Los Patios, es una de las fabricas de cemento de CEMEX Colombia S.A donde se lleva a cabo la producción completa de cemento, es decir desde el proceso de trituración, pre-homogenización, almacenamiento de materias primas, molienda de materia prima, homogenización de harina cruda, calcinación, molienda de cemento y finalmente embase y embarque del cemento.(*Ver figura 2*)

La producción de cemento empieza en la sección de trituración de materias primas (*Ver Anexo 1*), donde la piedra de caliza traída desde la mina es transportada en volquetas y es depositada en la trituradora que por efecto de impacto se encarga de reducir su tamaño a una y media pulgadas, el material saliente de la trituradora se dirige a una criba vibratoria que se encarga de separar el material fino del grueso, el fino continua el proceso y el material grueso es devuelto al proceso de trituración.

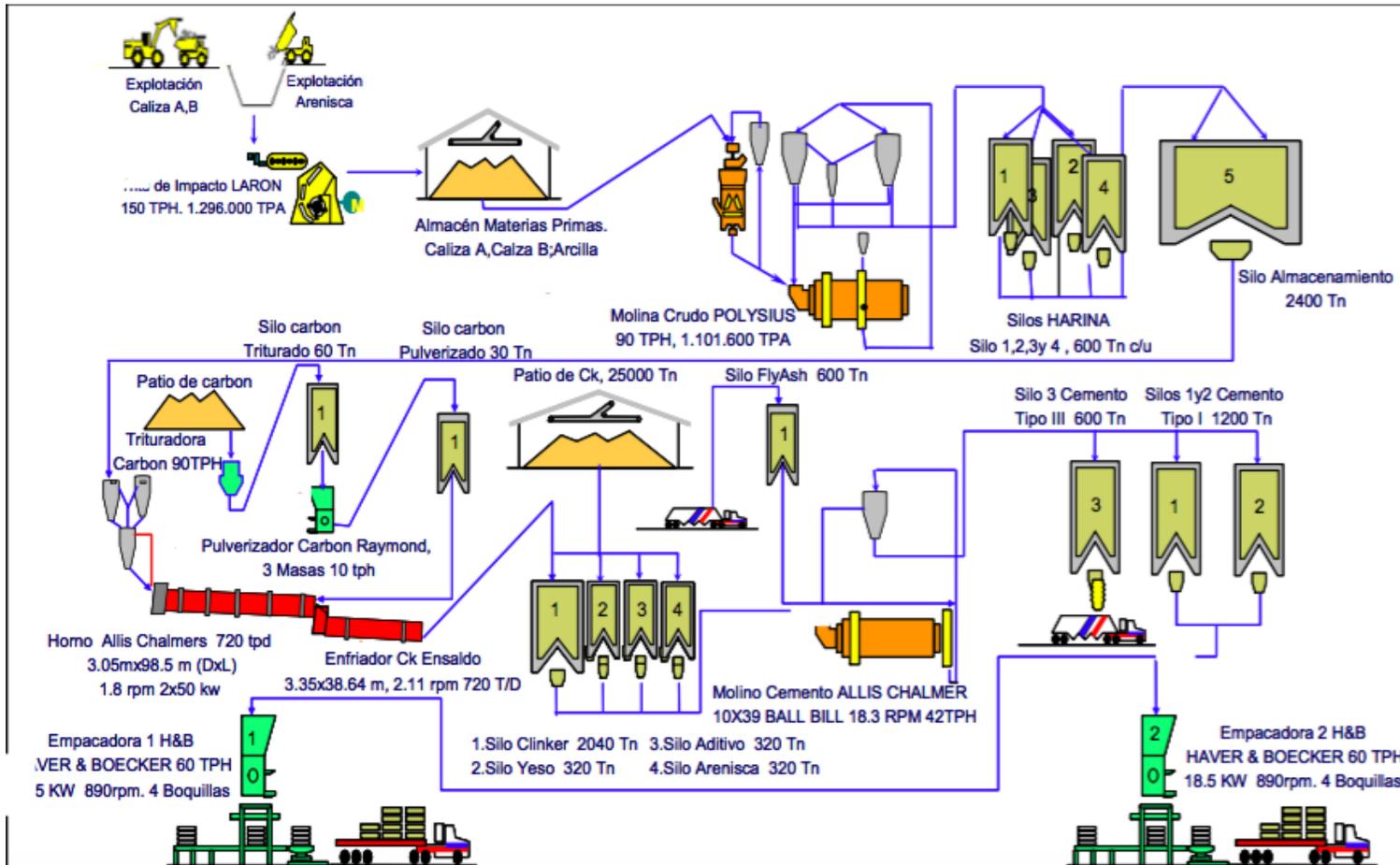
La caliza triturada es depositada en los patios de pre-homogenización, donde se encuentran las demás materias primas utilizadas para la fabricación del cemento, de allí el material es transportado a la sección de crudo por medio de bandas (*Ver Anexo 2*), donde inicialmente esta la trituradora de martillos, encargada de reducir el tamaño de grano, descargando el material al molino de crudo que por medio de los moledores que contiene disminuye aun más el tamaño de grano del material, por medio de ciclones y ventiladores, el material es transportado a los silos de homogenización y luego al silo de almacenamiento.

La harina ya con las condiciones adecuadas es transportada a la torre de precalentamiento por medio de aerodeslizadores, tornillos sin fin, y elevadores de cangilones, para luego ser alimentada al horno rotatorio, donde se lleva a cabo la transformación de la harina en Clinker por medio de procesos químicos y altas temperaturas (*Ver Anexo 3*), el combustible utilizado por el horno es el carbón, que es triturado y pulverizado en la torre de carbón para ser inyectado por medio del quemador.

El Clinker producido en el horno es descargado en un enfriador rotatorio, que se encarga de reducir las temperaturas de aproximadamente 1700°C a 100°C, el material del enfriador es descargado en la cadena Aumund que transporta el material hasta el silo de clinker donde luego de ser almacenado, es dosificado con los aditivos correspondientes transportado a la sección de cemento alimentando el molino y transportado mediante ventiladores y aerodeslizadores a la sección de empaque donde finalmente es despachado en bolsas de 42,5 - 50 Kg y en carros cisternas a los clientes de la empresa(*Ver anexo 4 y 5*)

De esta manera es como se lleva a cabo la producción de cemento en la planta, donde la practicante conoció el proceso por medio de documentación y frecuentes salidas a campo, teniendo en la cuenta las normas de seguridad manejadas en la empresa y el uso de los elementos de protección personal.

Figura 2. Esquema general del proceso productivo de la planta Los Patios - CEMEX Colombia S.A.



Fuente: Plan de contingencia de los sistemas de control de emisiones atmosféricas planta Los Patios - CEMEX Colombia S.A.

Actividad 2. Recolectar y conocer la información operacional y de mantenimiento sobre el horno rotatorio Allis- Chalmers

Para dar cumplimiento a la actividad anteriormente nombrada la practicante de mantenimiento mecánico tuvo que recurrir a la información del equipo encontrada en el CRI (Centro de recursos de información) de la empresa, donde se encuentran catálogos, planos, fichas técnicas, proyectos e información operacional asociada con los equipos que hacen parte del proceso de producción de la planta; así mismo información relacionada con el mantenimiento, en el historial del equipo en el sistema SAP.

El horno utilizado para la calcinación de la harina cruda y producción de clinker, es un horno rotatorio de marca Allis - Chalmers, que cuenta con una torre de ciclones para el intercambio de calor, donde es precalentada la harina en contacto con los gases provenientes del horno (ver figura 3), la harina que es alimentada en el primer ciclón a 425°C es pre calcinada y en la alimentación del horno llega a una temperatura de 505°C con el fin de mejorar la producción de clinker.

El mando principal del horno es una Catarina alrededor de la virola accionada por dos piñones, los cuales están acoplados a los motores principales, el tubo exterior está constituido por un conjunto de elementos soldados fabricadas a partir de chapas de acero formando tubos llamadas virolas, y en su interior el revestimiento de refractario, que lo protege de la transferencia de calor del interior del horno y evita las pérdidas de calor.

A lo largo del tubo del horno están cinco aros de rodadura con sub estaciones de rodillos, los aros de rodadura o llantas son los encargados de transmitir a los rodillos la carga del horno y su contenido, su diámetro interior debe ser suficientemente ancho para permitir una separación adecuada de la virola cuando el horno alcance su temperatura de trabajo. Las llantas descansan sobre los rodillos que están apoyados en las chumaceras ancladas a la estructura civil de cada base, en la entrada y la salida del horno se encuentran los sellos herméticos que cumplen la función de evitar la entrada de aires falsos al horno y la salida de material.

Para el mantenimiento del horno existen las rutas de mantenimiento autónomo, preventivo y predictivo las cuales se realizan de acuerdo al programa de mantenimiento por año, según la frecuencia de las actividades, en SAP salen las alertas con orden de trabajo.

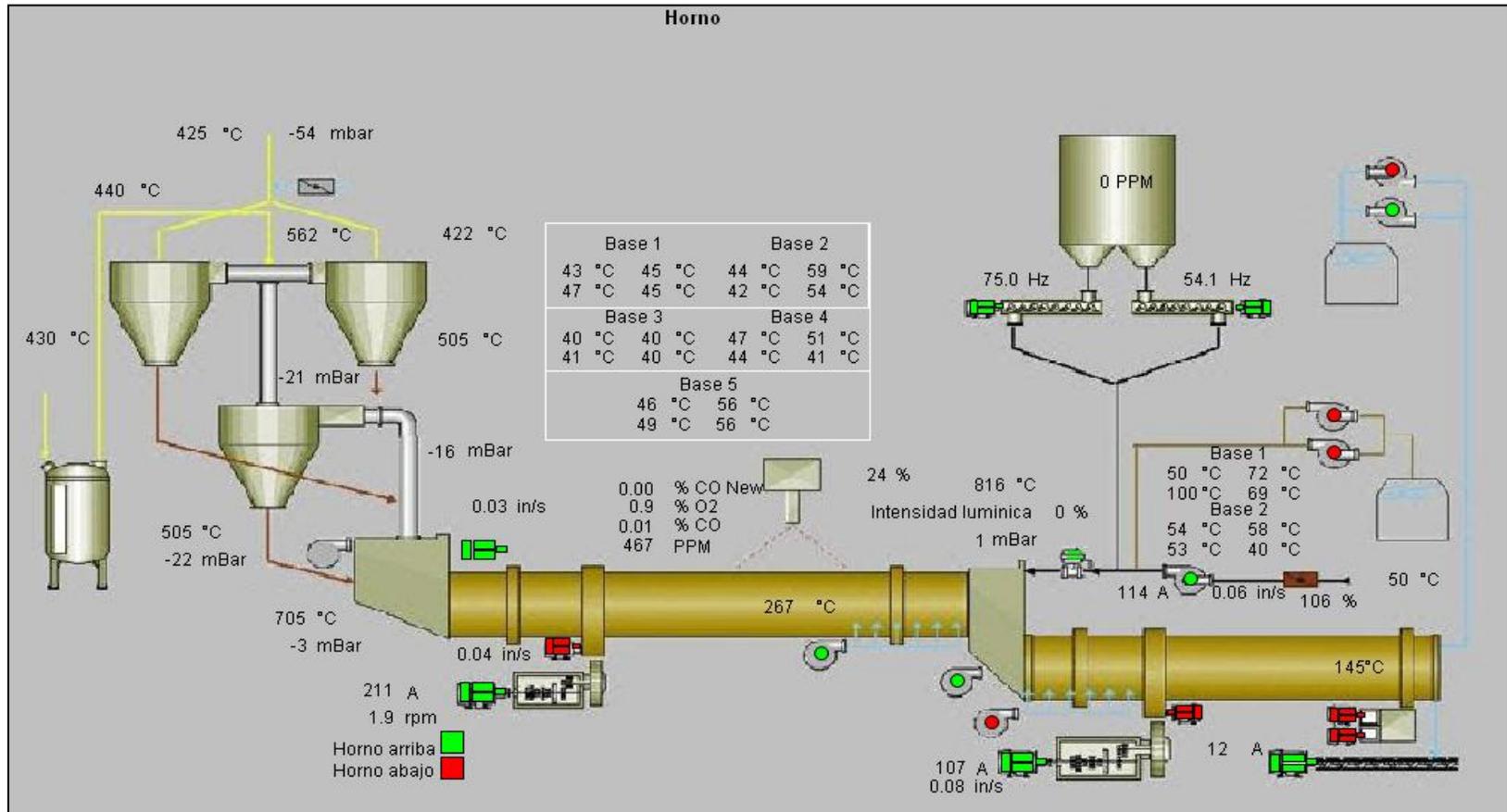
En las rutas de mantenimiento predictivo se encuentran las pruebas de ultrasonido, medición de espesores, tintas penetrantes, así mismo la ruta de vibraciones a los motores principales que se ejecutan una vez al mes.

De las rutas de mantenimiento preventivo y autónomo hacen parte el aseo del área diariamente, la lubricación, revisión del sistema de transmisión principal, medición de

temperatura del casco y las chumaceras, revisión visual del estado de las llantas, rodillos y roldanas diariamente.

De esta manera la practicante de mantenimiento mecánico se relacionó con la información operacional y de mantenimiento del equipo, conociendo las rutas existentes y la información técnica necesaria para la ejecución del proyecto en la planta CEMEX Los patios.

Figura 3. Proceso de calcinación en el horno



Fuente. SCM – Planta Los Patios – CEMEX Colombia S.A.

Actividad 3. Definir los límites de estudio del RCM, y realizar el contexto operacional con los subsistemas que hacen parte del estudio.

Durante el desarrollo de la segunda actividad, la practicante de mantenimiento mecánico paralelamente iba trabajando en la tercera, para realizar el estudio de mantenimiento centrado en confiabilidad inicialmente se seleccionaron los niveles de análisis y de definieron los límites correspondientes.

La practicante en conjunto con el facilitador se encargó de definir los límites de análisis del horno, teniendo en cuenta los subsistemas que lo conforman y el funcionamiento de cada uno para finalmente tomar la decisión sobre el agrupamiento y nivel de estudio del equipo con el fin de llevar a cabo un análisis preciso. Entre los límites definidos se encuentran los siguientes subsistemas:

a. Sellos de alimentación y descarga. (Ver Foto 1), Son sellos de láminas que cumplen con la función de evitar la entrada de aires falsos al horno y la salida de material, están compuestos por placas rectangulares en acero y flejes que ejercen presión sobre las placas permitiendo una buena hermeticidad de sellado.

Foto 1. Sello en la descarga del horno



Fuente. Pasante

b. Tubo. (Ver Foto 2), Se compone por secciones cilíndricas de acero llamadas virolas. Dichos cilindros tienen en promedio 2.5 m de largo. Se clasifican las virolas como ligeras, semi-pesadas y pesadas de acuerdo al espesor del acero. Los tipos de acero utilizados para la fabricación de las virolas están en función del espesor de virola y son: A 285 Grado C, A 516 Grado 55 y A 516 Grado 70, respectivamente para ligera, semi-pesada y pesada.¹⁴

¹⁴ CEMEX. (2007). *Manual Mantenimiento Hornos*. Vicepresidencia de Operaciones Dirección de Soporte Técnico

Foto 2. Sección de tubo del horno



Fuente. Pasante

c. Aros de rodadura. (Ver Foto 3), También llamados llantas. Proveen soporte a la estructura cilíndrica del horno. Se distribuyen a lo largo del tubo para soportar la carga del peso de las virolas más refractario y material. La virola que está dentro de la llanta es siempre de tipo pesada.¹⁴

Foto 3. Aros de rodadura o llanta



Fuente. Pasante

d. Roldanas de apoyo. (Ver Foto 4). También llamadas roles o rodillos. Cada llanta es soportada por dos roles. Los roles a su vez se soportan en chumaceras con cojinetes de bronce. Las chumaceras están instaladas sobre la base de concreto. En conjunto sostiene al horno a través de las llantas las cuales giran sobre estos.¹⁴

Foto 1. Rodillo y Chumacera



Fuente. Pasante

e. Sistema piñón-corona. (Ver Foto 5) El motor es la máquina que provoca movimiento rotatorio que, a través, de los engranes piñón y corona transmiten y hacen girar en consecuencia, al tubo del horno. La corona está sujeta al tubo del horno mediante paletones, también llamados resortes. La función principal de los paletones es absorber la expansión del horno.¹⁴

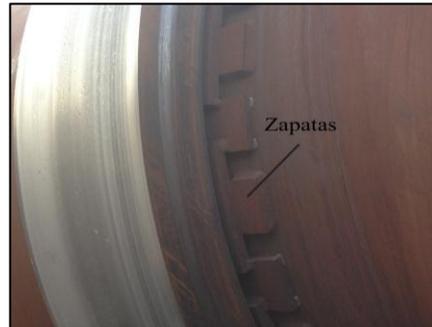
Foto 2. Catarina y piñón sistema de transmisión



Fuente. Pasante

f. **Zapatas.** (Ver Foto 6) Placas de acero no planas por la curvatura hecha para tomar la forma del horno. Se colocan entre llanta y virola con el fin de absorber las distintas velocidades de expansión de la virola y la llanta. Van soldadas al casco del horno.¹⁴

Foto 3. Zapatas o palanquillas



Fuente. Pasante

g. **Empuje axial.** (Ver Foto 7) Roldanas de empuje que mantienen al horno centrado axialmente entre alimentación y descarga.

Foto 4. Roldana de empuje



Fuente. Pasante

h. Estructura civil. (Ver Foto 8) Bases de concreto que sostienen toda la estructura del horno, sobre las cuales se encuentran las bases metálicas que sostienen los rodillos apoyados en las chumaceras.

Foto 5. Base de concreto



Fuente. Pasante

i. Ladrillo refractario. (Ver Foto 9) El recubrimiento de refractario se realiza por zonas, dependiendo de sus propiedades, los cambios químicos y de temperaturas que tiene la harina durante la calcinación.

Foto 6. Ladrillo refractario en el interior del horno



Fuente. Pasante

j. Elementos de seguridad. (Ver Foto 10) En los elementos de seguridad se encuentran las mamparas instaladas sobre la chumacera, encargados de aislar la radiación y las guardas que protegen de los elementos móviles.

Foto 7. Mampara y guarda de rodillo



Fuente. Pasante

Una vez definidos los límites del análisis la practicante de mantenimiento se encargó de buscar la información para realizar el contexto operacional (Ver anexo 6), un documento que incluye una descripción completa, con datos técnicos de cada uno de los subsistemas a evaluar, el contexto operacional contiene la información dada por el fabricante, estos datos fueron obtenidos de los catálogos que se encuentra en el CRI.

Actividad 4. Participar activamente en las reuniones del grupo de trabajo de RCM y llevar a cabo el formato de asistencia y avances semanales.

Para llevar a cabo un análisis de RCM de manera completa es necesario que un grupo de personas con diferentes conocimientos del equipo hagan parte del estudio, se organizó un grupo en el cual la practicante de mantenimiento participo de manera directa, organizando las reuniones semanales, llenando los formatos y coordinando como ayudante del facilitador.

El grupo de RCM para el análisis del horno rotatorio Allis-Chalmers estaba conformado de la siguiente manera:

Orlando Mosquera Serrano - Facilitador

Anggie Zuleidy Rincón Ortega – Ayudante del facilitador

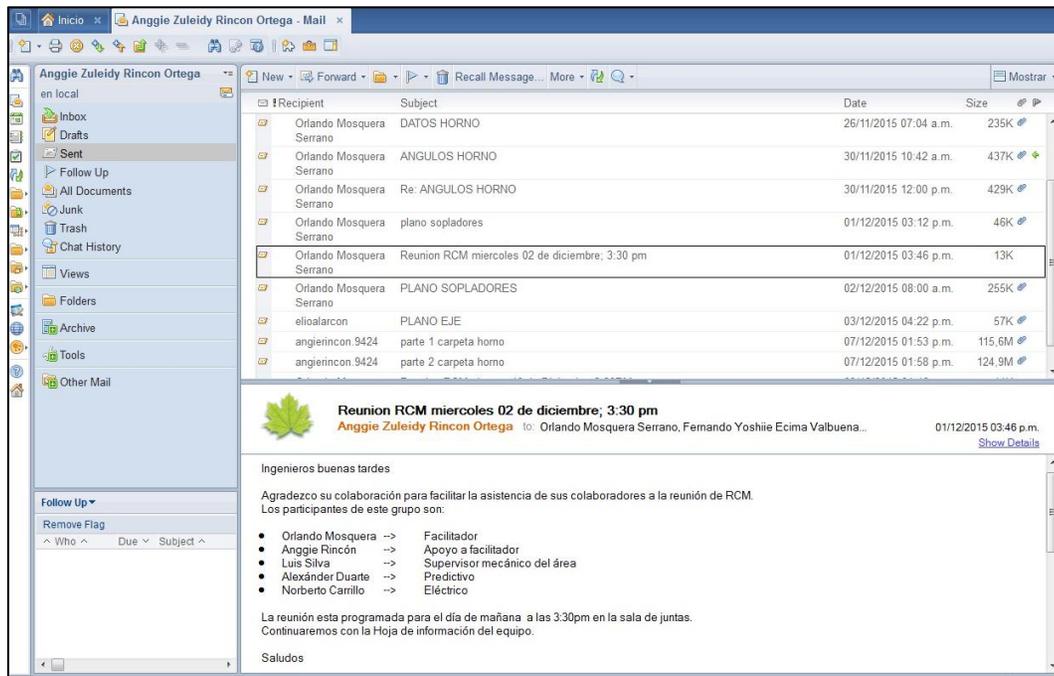
José Alexander Duarte Carrillo – Ingeniero de mantenimiento predictivo

Norberto Carrillo – Operario eléctrico

Luis Alberto Silva – Supervisor encargado del área

Las reuniones fueron organizadas un día a la semana, con una duración de dos horas y media, la practicante cada semana se encargaba de enviar un correo de aviso a los participantes con fecha, hora, lugar y lo que se iba hacer en cada reunión. (Ver Figura 4)

Figura 4. Correo enviado a los participantes del grupo

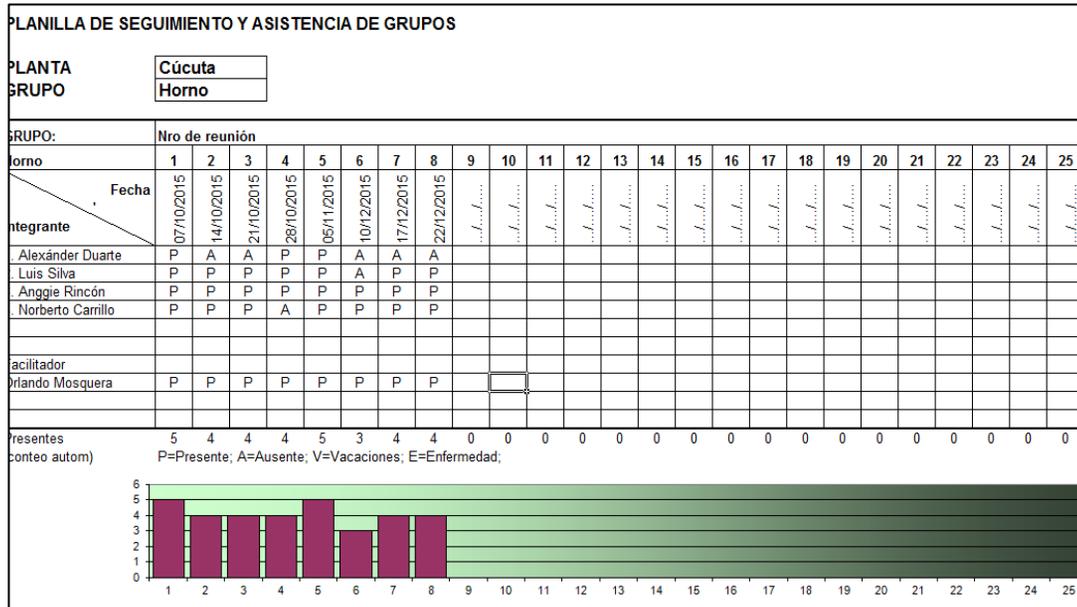


Fuente. Pasante

Antes de empezar el análisis el facilitador le dio las indicaciones a la practicante sobre el proceso a seguir, los formatos que debía llevar a cabo en cada reunión, y la organización.

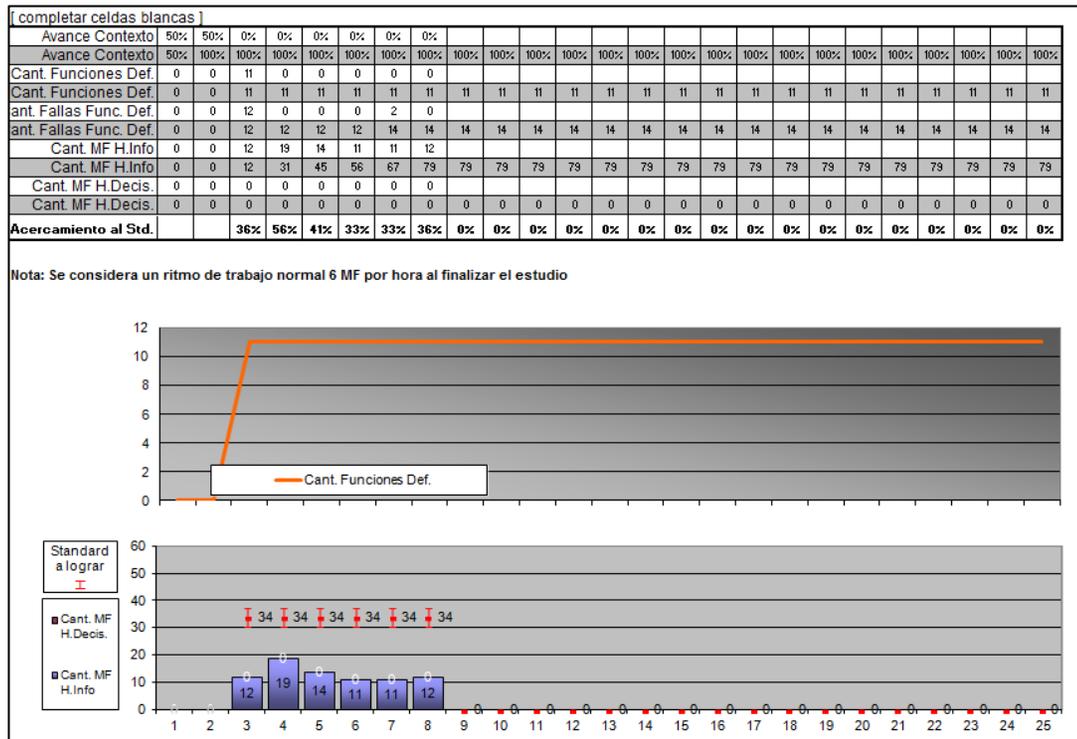
El formato de asistencia y avances (Ver Figuras 5 y 6), consiste en un documento en Excel que se llena de acuerdo a lo realizado en cada reunión, este informe se envía mensualmente a la dirección técnica regional en Ibagué, encargados de llevar un soporte de la parte técnica de todas las plantas de Colombia, el informe se envía con el fin de mantener actualizada la base de datos de los análisis de RCM hechos en la planta CEMEX Los patios, para ser evaluados y próximos a entrar a auditoria.

Figura 5. Planilla de seguimiento y asistencia RCM



Fuente. Pasante

Figura 6. Planilla de seguimiento y asistencia RCM



Fuente. Pasante

Como se ve en la Figura 18, la planilla de seguimiento y asistencia a grupos lleva el nombre de cada integrante, la fecha de cada encuentro, y los días que estuvo participando, de acuerdo a esto una gráfica que evalúa dicha asistencia. De igual manera en la planilla una tabla en la cual se lleva lo avanzado en cada reunión, como se ve en la Figura 6, mostrando resultado en porcentaje y graficas de la marcha general del análisis.

Además de la planilla de seguimiento y asistencia de acuerdo a los avances semanales, se lleva el Scorecard que consiste en un documento que muestra el porcentaje de avance mensual y acumulado del año de los equipos que están siendo analizados en planta, (Ver Figura 7), los porcentajes son calculados según la marcha en cada reunión, así mismo el formato de reuniones RCM en el cual se lleva el seguimiento de reuniones en todas las plantas de la región, con el nombre de planta, facilitadores, número de grupos, y reporte de los equipos que están siendo analizados y en auditoria (Ver figura 8).

Al igual que la planilla de seguimiento, el Scorecard y el formato de reuniones RCM es enviado a la dirección técnica regional en Ibagué.

Figura 7. Formato Scorecard 2015

			MES											
Planta : Cucuta			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Equipos Implementados 2015			0,33	0,48	0,5	1,4	1,4	1,4	1,4	1,7	2	2,27	2,42	2,76
Objetivo			0,33	0,66	1	1,3	1,7	2	2,3	2,7	3	3,32	3,66	4
Avance mensual			1	0,73	0,5	1	0,8	0,7	0,6	0,7	0,7	0,68	0,66	0,69

Planta : Cucuta						
No. Equipo	DET	Facilitador	1. Elaboración Plan de Acción	2. Analisis RCM2	3. Auditoria	7. Ejecución Plan Acción
1	Transportador de banda 03-034	61205-41301/F 175	Javier Gomez			
2	Molino de cemento	62201-43101/F 175	Pedro Gomez			
3	Elevador de recirculacion 05-043	62210-41201/46100	Pedro Gomez			
4	Motor Molino de Cemento	62203-56101/46100	Javier Gomez			
5	Molino de Crudo	42201-43101/46100	Orlando Mosquera		10%	50%
6	Elevador de recirculacion 03-127	42211-41201/46100	Javier Gómez/Orlando Mosquera	80%	96%	10%
7	Horno		Orlando Mosquera	70%		70%
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						

Elevador de recirculación 03-127					
Fase	Peso	Avance	ot. analisis	Auditoria	Tot. Audit
CO	25%	100%		25%	
HI	45%	100%		45%	
HD	30%		87%	26%	
Total	100%	96%		96%	

Horno					
Fase	Peso	Avance	ot. analisis	Auditoria	Tot. Audit
CO	25%	100%		25%	
HI	45%	100%		45%	
HD	30%				
Total	100%	70%		70%	

Avance Total			
Eq	Avance	Peso	Avance
Eq 1	50%	96%	0,4805
Eq 2	100%	25%	0,25
			0,7305

Fuente. Pasante

Figura 8. Formato de reuniones RCM

SEMANA		IMPLEMENTACION RCM2 REGION CSAC					
DESDE: 07/12/2015							
HASTA: 11/12/2015							
PLANTA	FACILITADORES	GRUPOS	REUNION HA REALIZAR/SEMANA	REUNION REALIZAD/SEMANA	REUNIO REALIZAD/MES	ACTIVOS EN ANALISIS	ACTIVOS TERMINADOS (CO, HI, HD y PA)
Colorado	(3) Nelson Blanco, Eder Varela, Javier Bogantes, Angel Cortes	3	3	⊖	4 /12	3	12 activos (7 pendientes de auditoría)
Patarrá	(2) Roger Alpizar, Jose Agilar,	2	2	⊖	4 /8	2	1 Activo (Pendiente auditoría)
San Pedro	(4) Juan Pablo Perez, Carlos Priops, Pedro J. Beres, Carlos	2	4	⊖	No envio planilla seguimiento	2	7 activos completados (1 pendiente de auditoría)
Ponce	(3) Angel Manuel Colon Cruz, Abimael Ivan Concepcion Torres, Joel López	1	1	⊖	No envio planilla seguimiento	1	1 activo (pendiente de auditoría)
Bayano	(5) Anibal Torres, Ruben Dario Mitre, Jorge Abadia, Magnus Mendieta, Antonio Zamora	2	4	⊖	No envio planilla seguimiento	2	5 activos (1 pendiente de auditoría)
Arizona	(2) Pablo Bahamon, Cesar Morales, Hector Ari	2	2	⊖	3 /6	2	1 activo (pendiente de auditoría)
San Rafael del sur	(4) Douglas A. Bantome, Freddy R. Lechado, Usiel de Jesus Meza, Iván Saenz -> fuera de	2	2	⊖	No envio planilla seguimiento	2	7 activos (todos pendientes de auditoría)
Caracolito	(6) Juan Gabriel Garcia, Miguel Cortes, Carlos Tarazona, Juan Arteaga, Juan Ancla, Mauricio Gomez	2	3	⊖	2 /8	3	
Santa Rosa	(1) Wilmer Sanchez	1	1	⊖	0	1	3 Activos
Bucaramanga	(1) Pedro Gomez	1	1	⊖	3 /4	2	2 activos (pendientes de auditoría)
Clemencia	Robinson Hoyos P.	1	1	⊖	1	1	(Pendiente Análisis Banda 641-01)
Cucuta	(1) Orlando Mosquera	1	1	⊕	1/4	1	3 activos (+1 en auditoría)

Fuente. Pasante

Actividad 5. Determinar las tareas a ejecutar en el plan de acción inmediato y realizar el formato con los trabajos hechos.

La empresa CEMEX ha establecido una actividad adicional a llevar a cabo en el análisis de mantenimiento centrado en confiabilidad, consiste en una visita que se realiza al equipo con el grupo de trabajo, para observar y determinar las actividades que se pueden ejecutar inmediatamente para mejora del funcionamiento del activo teniendo en cuenta el actual contexto operacional, dicha actividad se llama PLAN DE ACCION INMEDIATO.

La practicante de mantenimiento mecánico junto con el grupo de trabajo se dirigió a campo luego de realizar el contexto operacional para seleccionar las tareas que se podían ejecutar antes de llevar a cabo el análisis. Las actividades que se determinaron para realizar en el plan de acción fueron ejecutadas durante el tiempo de desarrollo del análisis de RCM, además la practicante llevo a cabo un formato en el cual se muestra el desarrollo con un antes y después de ejecutar, la orden asociada a cada actividad, la fecha de ejecución y los costos de cada una (*Ver anexo 7*).

Las actividades que se encontraron para ejecutar en el plan de acción son descritas a continuación:

a. Se retiró un tubo metálico que estaba colgando en la pasarela de la primera base de manera insegura (*Ver Foto 11*).

Foto 8. Tubo colgando en la pasarela de la primera base



Fuente. Pasante

b. Cárcamo de tubería de agua destapado de manera insegura cerca de la primera base (*Ver Foto 12*)

Foto 9. Cárcamo destapado



Fuente. Pasante

c. Instalar cajas para la conexión de cables eléctricos de los ventiladores de refrigeración que se encontraban sueltos entre la cuarta y quinta base (Ver Foto 13)

Foto 10 Cables de ventiladores de refrigeración sueltos



Fuente. Pasante

d. Tubo de desagüe sobre saliente en el lado sur de la segunda base y fachada de la base de concreto en mal estado. (Ver Foto 14)

Foto 11. Tubo de desagüe en des uso sobresaliente y pared en mal estado



Fuente. Pasante

e. Tubo de desagüe inservible en el lado norte de la segunda base y fachada de la base de concreto en mal estado (Ver Foto 15)

Foto 12. Tubo de desagüe inservible y fachada en mal estado



Fuente. Pasante

f. Segunda y cuarta base de concreto sin recubrimiento de pintura epoxica, expuestas al deterioro producido por agua y aceite. (*Ver Foto 16 y 17*)

Foto13. Segunda base sin recubrimiento de pintura epoxica



Fuente. Pasante

Foto 14. Cuarta base sin recubrimiento de pintura epoxica



Fuente. Pasante

g. Se encontró hundida y deformada la cuarta base de concreto, además corrida la base metálica que sostiene las chumaceras (*Ver Foto 18*)

Foto 15. Hundimiento y deformación en la cuarta base



Fuente. Pasante

h. Mala instalación de la tubería de lubricación del sistema de transmisión y muro de la base de concreto en mal estado en la segunda base. (*Ver Foto 19*)

Foto16. Tubería mal instalada y muro en mal estado



Fuente. Pasante

- i.** Las tuberías de refrigeración de las chumaceras en la cuarta y quinta base se encontraban en mal estado y oxidadas en su interior (*Ver Foto 20 y 21*)

Foto 17. Tubería de refrigeración de las chumaceras en cuarta base



Fuente. Pasante

Foto 18. Tubería de refrigeración de las chumaceras en quinta base



Fuente. Pasante

j. Ventilador de refrigeración sin base fija, instalado de manera insegura y obstruyendo el paso en la pasarela de la cuarta base (*Ver Foto 22*).

Foto 19. Ventilador sin base fija en la pasarela de la cuarta base



Fuente. Pasante

k. Guarda de rodillo en la tercera base en mal estado por golpe en la parte lateral (*Ver Foto 23*)

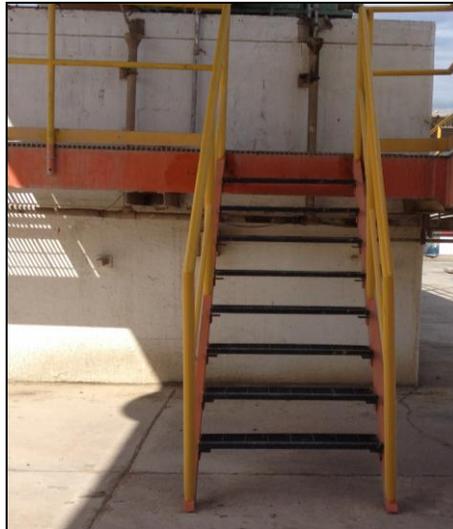
Foto 20. Guarda de rodillo en mal estado



Fuente. Pasante

- I.** Construir escalera de entrada a la tercera base para mejorar la accesibilidad al equipo.
(Ver Foto 24)

Foto 21. Escalera de entrada en la tercera base



Fuente. Pasante

Las mayoría de las tareas determinadas en el plan de acción se ejecutaron mientras el equipo se encontraba en parada mayor en Noviembre de 2015, la practicante de

mantenimiento estuvo encargada de supervisar la ejecución de los trabajos, otras actividades se realizaron sin necesidad de que el equipo estuviera en paro y de igual manera fueron supervisadas por la practicante.

Actividad 6. Describir las funciones y fallas funcionales del equipo.

Para la realización de la actividad seis fue necesario el cumplimiento de las actividades anteriores, de igual manera una inducción a todos los integrantes del grupo de lo que se busca al hacer un análisis de RCM y en que consiste la descripción de las funciones y fallas funcionales del equipo bajo análisis.

Después de haber hecho el contexto operacional se procedió a la descripción de las funciones del equipo teniendo en cuenta los parámetros de funcionamiento deseados, inicialmente en la reunión después de haber aclarado los límites del estudio de RCM los integrantes del grupo aportaron sus conocimientos para describir las funciones equipo, la practicante de mantenimiento mecánico se encargó de tomar nota y redactar de manera clara los aportes hechos por los participantes y aclarados por el facilitador.

De acuerdo a lo planteado por RCM para la redacción adecuada de las funciones del equipo cada definición debe consistir de un verbo en infinitivo y un objeto, además de un nivel de funcionamiento deseado por los usuarios; durante la tercera reunión realizada el 21 de Octubre de 2015 se definieron 11 funciones, entre ellas una primaria que es la razón de ser del activo, diez funciones secundarias que son funciones adicionales del activo, y 14 fallas funcionales, teniendo en cuenta el contexto operacional y lo planteado por RCM II.

Con la descripción de las funciones y fallas funcionales se dio respuesta a la 1ª "¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al activo en su actual contexto operacional?" y 2ª "¿De qué manera falla en satisfacer dichas funciones?" de las siete preguntas planteadas por RCM II, el desarrollo se llevó a cabo en la hoja de información de RCM de CEMEX S.A (Ver figura 9) en la que se describen las funciones, fallas funcionales, modos de falla y efectos de modos de falla para poder encontrar las tareas de mantenimiento adecuadas para reducir las consecuencias de cada modo de falla.

Figura 9. Hoja de información RCM II CEMEX S.A

		Sistema		HORNO	No 000001	
		Componente		HORNO	Ref. 59685	
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFFECTOS DE LA FALLA
1		1A		1A1		
				2A1		
		1B		1B1		
				1B2		
2		2A		2A1		
				2A2		
3		3A		3A1		
				3A2		
4		4A		4A1		
				4A2		

Fuente. SCM – Planta Los Patios – CEMEX Colombia S.A

3.1.2 Objetivo específico 2. Determinar la criticidad de los subsistemas que conforman el horno rotatorio Allis-Chalmers determinando sus modos de fallos e impacto operacional

Actividad 7. Diagnóstico y análisis de los modos de falla y efectos para cada falla funcional.

Para la identificación de los modos de falla causantes de cada falla funcional y determinación de los efectos asociados con cada modo de falla se dio respuesta a las preguntas 3 “¿Cuál es la causa de cada falla funcional?” y 4 “¿Que sucede cuando ocurre cada falla?” planteadas por RCM II, esto se realizó mediante un análisis de modos de falla y efectos (AMFE) durante las reuniones del grupo encargado del análisis del horno rotatorio, para la redacción adecuada de cada modo de falla se usó un verbo y un sustantivo de manera que su descripción fuera clara y se pueda seleccionar una estrategia de manejo de falla adecuada.

Al igual que las funciones y fallas funcionales esta descripción se llevó a cabo en la hoja de información de RCM II de CEMEX S.A (*Ver figura 10 a 14*) donde la practicante de mantenimiento mecánico se encargó de redactar las ideas plasmadas por los participantes del grupo, durante el desarrollo de la tercera a la octava reunión se determinaron 79 modos de falla, de esta manera se dan por cumplidos el primer y segundo objetivos.

En la hoja de información mostrada a continuación se encuentra la identificación de los números de funciones, falla funcionales y modo de falla con colores, estos colores representan que el modo de falla se repite en otra falla funcional, de manera que para evitar la redacción repetida de los modos de falla se identificaron con unos colores, y en el modo de falla en que se presentan se puede ver un asterisco con el color y el número de modo de falla que ya se ha identificado en la hoja de información.

Figura 10. Hoja de información análisis horno Allis-Chalmers CEMEX Planta Los Patios
 Pág. 1

		Sistema		HORNO		No 000001	
		Componente		HORNO		Ref. 59685	
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTOS DE LA FALLA	
1	Clinkerizar 29t/h de material crudo con un cal libre de 0,5 - 2%, LSF 97 - 99%, C3S 58 - 60%, MA 1,5 - 1,7%, MS 2,4 - 2,6%	A	No clinkeriza	1A1	Eje de rodillo roto por fatiga	Si se produce rotura de rodillo por fatiga se debe bajar y reemplazar, para reparar se requiere parar por emergencia el equipo, 4 personas para el trabajo. Se dejan de producir 594T de clinker	
				1A2	Tope de la chumacera fracturado por mala operación	Si se realiza una mala operación desde sala de control respecto a la alimentación del horno, provocando desplazamientos bruscos del rodillo dando lugar a la fractura del tope que sostiene la chumacera. Para la reparación se dejan de producir 594T de clinker.	
				1A3	Tope de la chumacera fracturado por falla de la estructura civil	La existencia de movimientos del terreno fatigan la estructura civil de las bases de las chumaceras provocando undimientos y así desplazamientos bruscos del rodillo que dan lugar a la fractura del tope que sostiene la chumacera. Para la reparación debe pararse el horno por emergencia, trabajo de 4 personas, se dejan de producir 594T de clinker.	
				1A4	Roldana superior o inferior rota por mala operación	Si se realiza una mala operación desde sala de control respecto a la alimentación del horno, provocando que el horno se quede mucho tiempo en una sola posición dando lugar a la partida de la roldana, para la reparación se debe parar el equipo y se dejan de producir 594T de clinker	
				1A5	Roldana superior o inferior rota por taponamiento en los ductos de refrigeración	Residuos de lodo provenientes de la bomba hidroneumática y animales provenientes del lago provocan taponamiento obstruyendo el paso de agua a los ductos de refrigeración del aceite de lubricación, aumentando la temperatura, limitando el desplazamiento del eje por fricción dando lugar a la separación por partida de la parte superior de la roldana y el eje. Para la reparación se requiere parar el horno, se dejan de producir 594 T de clinker	
				1A6	Caida de tres zapatas consecutivas por mal diseño	La función principal de las zapatas es absorber el esfuerzo que se produce en el momento que el anillo de rodadura y el rodillo entran en contacto un mal diseño en el tamaño, grosor y tipo de zapatas produce que el esfuerzo en esta zona sea absorbido directamente por el casco del horno deformándolo y produciendo una caída de refractario, para la instalación de zapatas se debe parar y se dejan de producir 1600T de clinker	
				1A7	Caida de tres zapatas consecutivas por fatiga de soldadura	La fatiga en la soldadura provoca la caída de las zapatas continuamente dejando que el casco del horno y el anillo entren en contacto y el esfuerzo de contacto sea absorbido directamente por el casco, de esta manera debe corregirse la soldadura de las zapatas y parar el equipo se dejan de producir 1600T de clinker	
				1A8	Acople del eje del piñón roto por fatiga	El estudio de los motores principales del horno y acoples se hará por separado	
				1A9	Acople del eje del piñón roto por desalineación	El estudio de los motores principales del horno y acoples se hará por separado	
				1A10	Acople del eje del piñón roto por sobrecarga	El estudio de los motores principales del horno y acoples se hará por separado	
				1A11	Placas de la nariz del horno caídas por fatiga de soldadura	Produce la caída de las placas por fatiga en la soldadura haciendo que el ladrillo en la salida no tenga tope y se caiga. Para la instalación de las placas se debe parar el horno durante un tiempo de 5 días	
				1A12	Placas de la nariz del horno caídas por mala operación	Una mala operación desde sala de control respecto al manejo de temperaturas del horno provoca la caída de las placas haciendo que el ladrillo en la salida no tenga tope y se caiga. Para la instalación de las placas se debe parar el horno durante un tiempo de 5 días	
				1A13	Placas de la nariz del horno caídas por deformación de la carcasa	El exceso de ovalidad del casco en la descarga del horno produce deformación de la carcasa haciendo que las placas no tengan apoyo y se caigan. Para la instalación de las placas se debe parar el horno durante un tiempo de 5 días	

Fuente. Pasante

Figura 11. Hoja de información análisis horno Allis-Chalmers CEMEX Planta Los Patios
 Pág. 2

2	Conservar el revestimiento de refractario en el interior del horno con un desgaste inferior al 50%	A	No conserva el revestimiento de refractario	1A14	Placas de la nariz del horno caídas por elevación de temperaturas	La elevación en la parte inferior de las placas que sostienen el refractario a la salida del horno produce una caída de las mismas dando lugar a la caída del refractario. Para la instalación de las placas se debe parar el horno durante un tiempo de 5 días
				1A15	Refractario caído por ovalidad excesiva en la carcasa del horno	Produce deformación en la carcasa dando lugar a que el refractario pierda el apoyo en el interior del casco y se caiga. durante el tiempo de reparación se dejan de producir 2574 T de clinker
				1A16	Refractario caído por desalineación de rodillos	La desalineación de los rodillos provoca esfuerzos en el casco del horno, causando una deformación plástica en el casco y una caída de refractario en esta área, el tiempo requerido para hacer los movimientos de alineación de los rodillos son 7 días.
				1A17	Anillo de rodadura roto por desgaste	La fatiga de un anillo de rodadura y el desgaste por vida útil provocan fisuras y posteriormente la rotura. Para su corrección se solda el anillo en la fractura y se refuerza por los lados laterales, durante el tiempo que se para el equipo para realizar el trabajo se dejan de producir 1584T de clinker
				1A18	Anillo de rodadura roto por fatiga	
				2A1	Rodillos desalineados	La desalineación de los rodillos provoca esfuerzos en el casco del horno, causando una deformación plástica en el casco y una caída de refractario en esta área, el tiempo requerido para hacer los movimientos de alineación de los rodillos son 7 días.
				2A2	Casco del horno con ovalidad excesiva por desgaste de las zapatas	El desgaste de las zapatas produce una holgura excesiva entre el aro de rodadura y las zapatas ocasionando que el apoyo de el aro se hace sobre la carcasa y no sobre las zapatas dando lugar a la deformación en la carcasa y caída de refractario. Durante el tiempo de reparación se dejan de producir 2574T de clinker
				2A3	Casco del horno con ovalidad excesiva debido a mala lubricación interna en los anillos de rodadura	Una lubricación deficiente en la parte interna de los anillos de rodadura produce una diferencia de temperaturas entre el casco y el anillo produciendo estrangulamiento en la virola provocando la caída de refractario. Durante el tiempo de reparación se dejan de producir 2574 T de clinker
				2A4	Placas de la nariz del horno caídas (*)	Ver 1A11,1A12,1A13,1A14
				2A5	Caída de 3 zapatas continuas (*)	Ver 1A6 y 1A7
				2A6	Soldadura en la junta de las virolas rota por fatiga	Si se presenta rotura en la junta de las virolas produce caída de refractario y salida del material por la fisura en el casco. Para la reparación de una fisura se debe parar el equipo para soldar y montar el área de ladrillo caído, Durante el tiempo de reparación se dejan de producir 2376 T
				2A7	Soldadura en la junta de las virolas rota por sobre carga mecánica	
				2A8	Caída de la costra por enfriamientos bruscos	La caída de la costra que protege el ladrillo refractario en el interior del horno por enfriamiento bruscos o mala operación produce una exposición directa del ladrillo con el material provocando la caída del refractario
				2A9	Caída de la costra por mala operación	
2A10	Ladrillo refractario mal instalado	La mala instalación del ladrillo conlleva a su caída y pérdida de recubrimiento del casco del horno, para la corrección de una mala instalación se debe tomar acción de reinstalación del área de refractario caída				
		B	Desgaste mayor al 50%	2B1	Refractario desgastado por mala operación	
				2B2	Refractario desgastado por vida útil	La altura inicial del ladrillo refractario es de 20cm si el desgaste producido por el quemador desalineado, vida útil o mala operación sobrepasa el 60% de esta medida deja de cumplir la función de aislar la temperatura del casco del horno provocando manchas y deformaciones en la virola.
				2B3	Mala posición del quemador	

Fuente. Pasante

Figura 12. Hoja de información análisis horno Allis-Chalmers CEMEX Planta Los Patios
 Pág. 3

3	Mantener el buen estado de los componentes de las chumaceras	A	Deformacion en el casquete de la chumaceras	3A1	Lubricacion deficiente	La falta de lubricante en las chumaceras permite que haya friccion entre el casquete y el eje del rodillo dando lugar a la falla por desgaste prematuro.
				3A2	Sello de la chumacera deteriorado por vida util	La deformacion del casquete a causa de las altas temperaturas por daños en el sello produce perdidas de lubricante y si no se realiza el cambio a tiempo desgaste en el eje del rodillo. Tiempo de reparacion 30 min
				3A3	Contaminacion en el aceite de lubricacion	La contaminacion del aceite de lubricacion de las chumaceras hace que las particulas de contaminacion rayen el casquete provcando daños y recalentamiento de la chumacera.
				3A4	Taponamiento en los ductos de refrigeracion	Residuos de lodo provenientes de la bomba hidroneumatica y animales provenientes del lago provocan taponamiento obstruyendo el paso de agua a los ductos de refrigeracion del aceite de lubricacion, aumentando la temperatura provocando daños en los componentes de la chumacera. Tiempo de reparacion 5hrs
				3A5	Rodillos desplazados bruscamente por mala operación	Si se realiza una mala operación desde sala de control respecto a la alimentacion del horno, provocando desplazamientos bruscos del rodillo dando lugar al daño en los componentes de la chumacera . Tiempo de reparacion 3hrs
				3A6	Desgaste de baquelita	Provoca desplazamiento de los rodillos y daño en los componentes de la chumacera. Tiempo de reparacion 3hrs
		B	Caída de las cucharas de la chumacera	3B1	Rodillos desplazados bruscamente por mala operación	Si se realiza una mala operación desde sala de control respecto a la alimentacion del horno, provocando desplazamientos bruscos del rodillo dando lugar al daño en los componentes de la chumacera . Tiempo de reparacion 3hrs
				3B2	Desgaste de baquelita	Provoca desplazamiento de los rodillos y daño en los componentes de la chumacera. Tiempo de reparacion 3hrs
4	Mantener la flotabilidad del horno	A	No mantiene la flotabilidad	4A1	Rodillos desalineados	Normalmente el horno debe mantenerse en movimientos de flotacion, es decir en movimientos hacia arriba y hacia abajo, la desalineacion de los rodillos evita que el horno tenga este movimiento haciendo que se quede desplazado hacia un lugar para hacer los movimientos de alineacion de los rodillos son 7 dias.
				4A2	Excentricidad excesiva del casco del horno	Produce daños en la base de los rodillos y desgaste prematuro en los engranes del sistema de transmision. Se realiza movimiento de rodillos para la correccion. Tiempo de correccion 8hrs
				4A3	Dilatacion del casco debido a desgaste de refractario (*)	Ver 2B1, 2B2, 2B3
				4A4	Casquete de las chumaceras desgastado (*)	Ver 3A1, 3A2, 3A3, 3A4, 3A5, 3A6
				4A5	Rodillos desplazados bruscamente por mala operación	Si se realiza una mala operación desde sala de control respecto a la alimentacion del horno, provocando desplazamientos bruscos del rodillo evitando la flotabilidad y dando lugar al apoy del horno hacia un lado y sobre esfuerzos en la chumacera dañando sus componentes . Tiempo de reparacion 3hrs
				4A6	Desgaste de baquelita	Provoca desplazamiento de los rodillos y daño en los componentes de la chumacera. Tiempo de reparacion 3hrs
				4A7	Piñon y corona desgastados por vida util	Se pierde el paso entre el piñon y la corona provocando golpes y elevacion de vibraciones en todo el horno, dando lugar a la caída de la costra y del refractario. Para alargar la utilizacion de la corona se cambia la cara de apoyo, si eldesgaste es por ambas caras se programa cambio de la corona. Para el cambio se realiza una parada de 10 dias

Fuente. Pasante

Figura 13. Hoja de información análisis horno Allis-Chalmers CEMEX Planta Los Patios
Pág. 4

5	Mantener una holgura entre la virola y los aros de rodadura entre 3 - 20mm	A	Mantiene una holgura entre la virola y los aros de rodadura menor a 3mm	5A1	Ladrillo refractario caido en el area debajo de los aros de rodadura	La caída de refractario debajo de los aros de rodadura produce un aumento de temperatura en la virola pesada, y una diferencia de temperaturas entre el aro de rodadura y el casco mayor a 110°C, evitando el desplazamiento entre si y provocando un estrangulamiento del casco. Para corregir la caída de refractario durante el tiempo se dejan de producir 2574 T de clinker
		B	Mantiene una holgura entre la virola y los aros de rodadura mayor a 20mm	5B1	Desgaste de zapatas por vida util	Un desgaste excesivo de las zapatas permite condiciones de alta ovalidad y desalineación entre el rodillo y la línea central del casco del horno. Si se excede la ovalidad permitida en el casco del horno y se crean zonas de interposicion de la virola, provocando fractura, caída y perdida total del refractario, se debe parar para corregir la zona de interposicion. Tiempo para reparar: 78hrs
6	Mantener refrigerado el aceite de lubricacion de las chumaceras a una temperatura inferior a 65°C	A	No mantiene refrigerado el aceite de lubricacion de las chumaceras a una temperatura inferior a 65°C	6A1	Bomba de hidroneumatico dañada	El estudio de la bomba hidroneumatica se hará por separado
				6A2	Obstruccion en la tuberia de refrigeracion	La obstruccion en la tuberia debido a residuos de lodo provenientes del lago, y rotura por una mala operación de mantenimiento en el area o vida util de la tuberia, impide el paso de agua de refrigeracion y provoca el aumento de temperatura en el aceite de la chumacera dando lugar al daño de los componentes de la chumacera. Se debe corregir el taponamiento y rotura o se hace nesesarario parar el equipo. Tiempo para reparar 5hrs
				6A3	Tuberia de refrigeracion rota por operación	
				6A4	Tuberia de refrigeracion rota por vida util	
				6A5	Tuberia de agua industrial dañada	El estudio de la tuberia de agua industrial se hará por separado
				6A6	Chumacera recalentada por lubricacion deficiente	Una lubricacion deficiente en las chumaceras provoca elevacion de temperatura por friccion, aumentando la temperatura del agua en el sistema de refrigeracion perdiendo su funcionalidad y produciendo desgaste en el casquete.
				6A7	Chumacera recalentada por sobre esfuerzos en el rodillo	Los sobre esfuerzos en el rodillo producen un recalentamiento en el aceite de lubricacion de las chumaceras, que aumentando la temperatura del agua en el sistema de refrigeracion pierde su funcionalidad. Cuando esto ocurre se hace cambio de aceite en la chumacera. Tiempo de 30 minutos
7	Lubricar diariamente la catarina y los piñones	A	No lubrica	7A1	Contaminacion de la grasa debido a recipiente mal cerrado	Provoca taponamiento de los filtros de la bomba e impide el paso de lubricante hacia las boquillas. Para corregir se realiza un trabajo de 8hrs
				7A2	Daño interno de la bomba por deterioro de empaquetaduras	Impide la lubricacion en el sistema piñon-corona provocando contacto metal-metal entre los engranes. Para corregir se realiza un trabajo de 8hrs
				7A3	Quemadura de la bobina de las electrovalvulas de presion de grasa	Se quema la bobina de las electrovalvulas de presion de grasa obstruyendo el paso de grasa dando lugar a que deje de lubricar y se presente contacto metal-metal desgastando el sistema piñon corona. Tiempo de reemplazo del sensor: 15 minutos
				7A4	Quemadura de la bobina de las electrovalvulas de presion de aire	Se quema la bobina de las electrovalvulas de presion de aire obstruyendo el paso de aire dando lugar a que deje de lubricar y se presente contacto metal-metal desgastando el sistema piñon corona. Tiempo de reparacion: 1hr
				7A5	Conductos de aire rotos	En condiciones normales la bomba de lubricante envia grasa, si hay rotura en los conductos del sistema de aire se presenta fuga de aire produciendo una perdida de presion, dejando de lubricar y por baja presion de aire no se produce el efecto spray provocando la perdida de lubricante. Tiempo de reparacion: 8hrs
				7A6	Boquillas del sistema de lubricacion tapadas por suciedad	La suciedad del lubricante produce taponamiento de las boquillas e impedimento que el lubricante llegue al sistema. Se realiza un trabajo de 5hrs
				7A7	Daño en el filtro del sistema de distribucion en las boquillas	El daño en el filtro de las boquillas produce taponamiento e impedimento que el lubricante llegue al sistema. Se realiza un trabajo de 5hrs

Fuente. Pasante

Figura 14. Hoja de información análisis horno Allis-Chalmers CEMEX Planta Los Patios
 Pág. 5

8	Mantener lubricacion en las chumaceras		No mantiene lubricacion en las chumaceras	8A1	Sello de la chumacera deteriorado	Con el tiempo los sellos de la chumacera se deterioran comenzando a mojar el area con lubricante (generando perdidas), si se deja el tiempo suficiente el nivel de lubricante descendera produciendo recalentamiento en la chumacera por falta de lubricacion.
				8A2	Sello de la chumacera mal instalado	Si la instalacion de los sellos de las chumaceras no se realiza de manera adecuada el lubricante comenzara a salirse (generando perdida), si se deja el tiempo suficiente el nivel de lubricante descendera produciendo recalentamiento en la chumacera por falta de lubricacion.
				8A3	Cubeta de distribucion de aceite rota por desplazamiento brusco del rodillo	En condiciones normales las cucharas que estan en el rodillo se encargan de alimentar las cubetas que distribuyen el aceite, si se presenta rotura la cubeta no habria distribucion. Para realizar el cambio de las cubetas es un trabajo de 2hrs
				8A4	Partidura de cucharas	Por la partidura de cucharas no hay lubricacion de las chumaceras debido a que no se lleva el lubricante hacia la cubeta de distribucion. Para la instalacion de cucharas se realiza un trabajo que dura 2hr
9	Conservar la hermeticidad de los sellos en la alimentacion y la descarga	A	No conservan la hermeticidad en los sellos de alimentacion y descarga	9A1	Laminas desgastadas por vida util	Se presenta desgaste en el sello y se permite la entrada de aires falsos al horno . Para la instalacion de ls laminas se realiza un trabajo de 8hrs
				9A2	Guayas de los sellos partidas por ovalidad excesiva en el casco del horno	El exceso de ovalidad en la parte de la carcaza donde se encuentran los sellos provoca partidura de las guayas y asi desajuste del sello, dando lugar a la entrada de aires falsos. Tiempo de reparacion 3hrs
				9A3	Laminas del sello desgastadas por lubricacion deficiente	Una lubricacion deficiente del sello en la entrada y la salida del horno provoca quemadura de las laminas habiendo entrada de aires falsos y salida del material. Para la instalacion de las laminas se realiza un trabajo de 8hrs
				9A4	Laminas del sello mal instaladas	Produce un mal funcionamiento del sello. Se debe reinstalar las laminas en un trabajo de 8hrs
10	Soportar la estructura del horno	A	No soporta la estructura del horno	10A1	Sobrecarga en los pilares por desalineacion de rodillos	La desalineacion de los rodillos y aexceso de excentricidad en el casco del horno provocan sobrecarga en los pilares del horno y produciendo sobre esfuerzos y posteriormente undimientos del concreto. Para corregir los undimientos se debe reconstruir la base de concreto
				10A2	Sobrecarga en los pilares por excentricidad	
				10A3	Movimientos del terreno	El terreno donde se encuentra el horno es arcilloso y suele hidratarte o deshidratarse en el verano e invierno, esto produce que las bases civiles se muevan produciendo undimiento completo de la estructura. Para corregir los undimientos se debe reconstruir la base de concreto
				10A4	Contaminacion de la estructura civil con aceite	Si se presenta reguero de aceite se filtra en la estructura civil debilita el material provocando deslizamientos y undimientos de la base metalica en la de concreto. Para corregir se debe reconstruir la base de concreto
11	Proteger a las personas de las partes moviles y altas temperaturas	A	No protege a las personas de las partes moviles y altas temperaturas	11A1	Guardas de los rodillos dañadas	Si las guardas de los rodillos estan en mal estado dejara de cumplir su funcion y sera un riesgo para los trabajadores ya que esta expuesta una equipo en movimiento, y el riesgo que se presente una insidente o accidente aumenta
				11A2	Mamparas en mal estado	Si una mampara se encuentra en mal estado, deja de cumplir su funcion de aislar las altas temperaturas del casco del horno, presentando el riesgo a la seguridad de los trabajadores y recalentamiento en las chumaceras
				11A3	Mamparas mal diseñadas	El mal diseño de una mampara permite la transferencia de calor del horno y presenta un riesgo a la seguridad de los trabajadores y aumento de temperatura en las chumaceras

Fuente. Pasante

3.1.3 Objetivo específico 3. Definir las tareas de mantenimiento proactivas que deben realizarse según el análisis de cada falla funcional.

Actividad 8. Seleccionar las tareas de mantenimiento por medio del diagrama lógico de decisiones, y la frecuencia con la que deben realizarse.

Para encontrar las consecuencias de cada modo de falla se dio respuesta a la pregunta 5”¿En qué sentido es importante cada falla?” planteada por RCM II, durante el desarrollo de la novena reunión del grupo encargado del análisis se evaluó cada modo de falla para encontrar las consecuencias por fallas ocultas, consecuencias ambientales y para la seguridad, consecuencias operacionales y no operacionales, con el fin de determinar cuáles son las fallas que más afectan la organización y cuáles no, teniendo en cuenta si afectan las operaciones, la calidad del producto, el servicio al cliente, la seguridad o el medio ambiente y así finalmente registrarlas en la hoja de decisión de RCM II de CEMEX S.A (*Ver figura 15*).

Al conocer los modos y efectos de las fallas y sus consecuencias, se pudo determinar si la falla es merecedora de prevención, estudios para predecirla, intervención periódica para evitarla, rediseño para eliminarla, o simplemente ninguna acción. Para realizar este proceso inicialmente se siguió el árbol lógico de decisiones del RCM II (*Ver figura 16*) y de esta forma encontrar cuáles son las tareas adecuadas y el programa de mantenimiento a realizar al equipo.

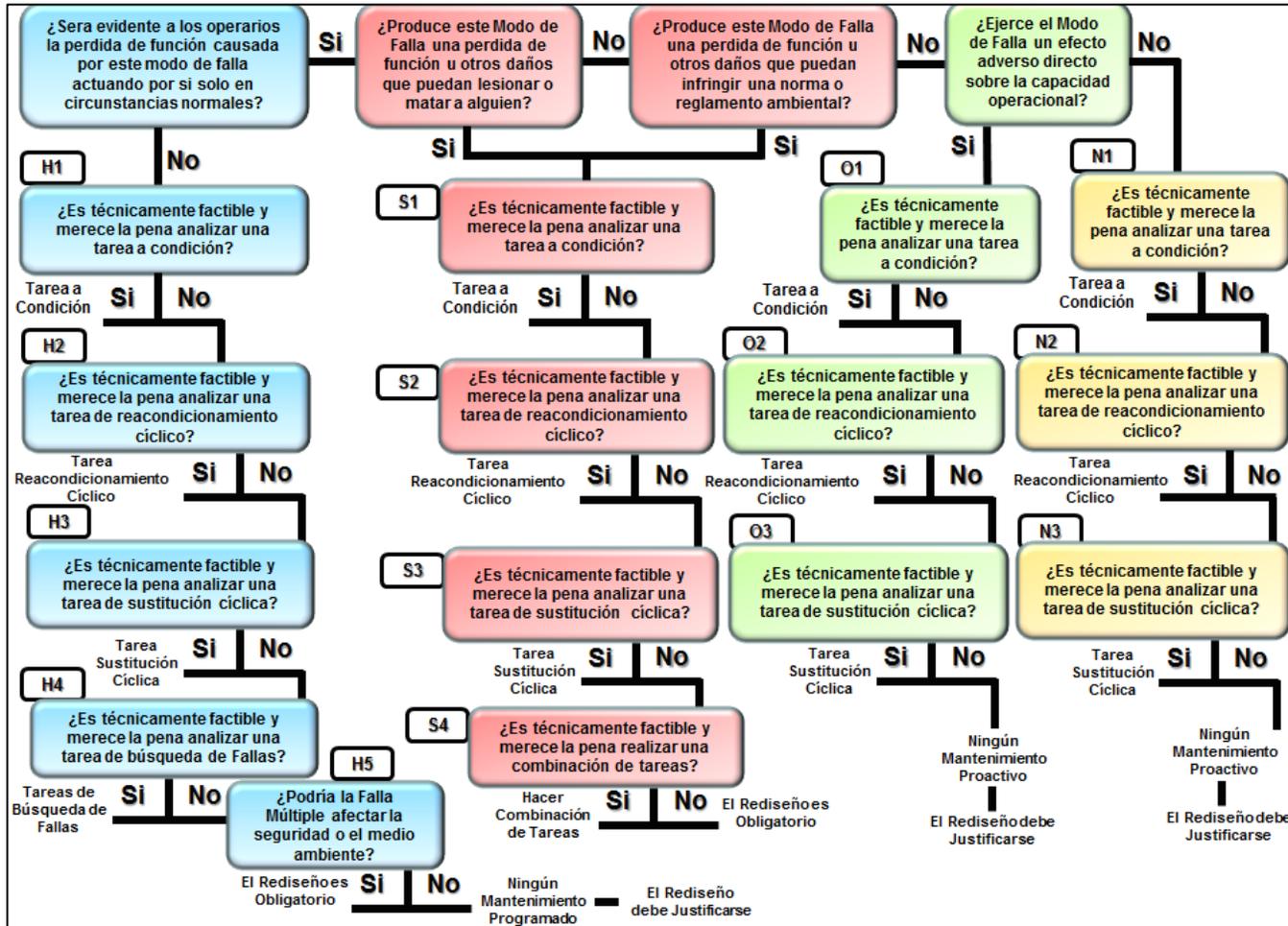
La Hoja de Decisión permitió registrar las respuestas a las preguntas formuladas en el Diagrama de Decisión:

¿Qué mantenimiento de rutina (si lo hay) será realizado?, ¿Con qué frecuencia será realizado? y ¿quién lo hará?

¿Qué fallas justifican el rediseño?

¿En qué casos se toma una decisión de dejar que ocurran las fallas?

Figura 16. Árbol lógico de decisiones del RCM II



H= Consecuencia de falla oculta, S= Consecuencia a la seguridad, E= Consecuencia al medio ambiente, O= Consecuencia a la operación

Fuente. Diagrama de decisiones imágenes Google

Los encabezamientos de las columnas de la Hoja de Decisión se refieren a las preguntas del diagrama de decisión de RCM:

Las columnas tituladas H, S, E, O, (y N) se utilizaron para registrar las respuestas a las preguntas de las consecuencias de cada modo de falla, H(Consecuencia de falla oculta), S(Consecuencia en la seguridad), E(Consecuencia en medio ambiente) y O(Consecuencias en la operación), las tres columnas tituladas H1, H2, H3, etc. registran si ha sido seleccionada una tarea proactiva, y qué tipo de tarea, y si se hace necesario responder cualquiera de las preguntas "a falta de" las columnas H4 y H5, o la S4, permiten registrar esas respuestas.

En las últimas tres columnas se registraron la tareas que han sido seleccionadas, la frecuencia con la que debe hacerse y el personal encargado para ejecutarla. De igual manera la columna de "Tarea Propuesta" también se utilizó para registrar los casos en los que se requiere rediseño o si se ha decidido que el modo de falla no necesita mantenimiento programado.

La columna titulada H1/ S1/ O1/ N1 se utilizó para registrar las tareas a condición apropiada para anticipar el modo de falla a tiempo para evitar las consecuencias.

La columna titulada H2/S2/O2/N2 se utilizó para registrar las tareas de reacondicionamiento cíclico apropiada para prevenir las fallas, la columna titulada H3/ S3/ O3/ N3 se utilizó para registrar si las tareas de sustitución cíclica para prevenir las fallas, las columnas tituladas H4, H5 y S4 en la Hoja de Decisión se utilizó para registrar las respuestas a las tres preguntas "a falta de".

El desarrollo de la hoja de decisiones de CEMEX S.A (*Ver figura 17 a 21*) se llevó a cabo en las últimas reuniones del grupo, donde cada integrante participó en la utilización del diagrama lógico de decisiones, guiados por el facilitador para finalmente encontrar las tareas adecuadas de mantenimiento para el activo en análisis, la frecuencia y la persona que debe ejecutarla.

Figura 17. Hoja de decisiones análisis horno Allis-Chalmers CEMEX Planta Los Patios
 Pág. 1

Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	Tareas "a falta de"			Tareas propuestas	Frecuencia Inicial	A realizar por
H	S	E	O	1	2	3	H4	H5	S4		Frecuencia Inicial	
N	N	N	S	S						Realizar pruebas de ultrasonido al eje de los rodillos con el fin de buscar signos de fisuras. En caso de estar fisurado hacer seguimiento a la fisura para determinar criticidad y programar cambio de rodillo	Anual	Ing. Mto predictivo
N	N	N	S	N	N	S				Reentrenamiento del operario de sala de control		
N	N	N	S	N	N	N				Ningun mantenimiento programado		
N	N	N	S	N	N	S				Reentrenamiento del operario de sala de control		
N	N	N	S	N	S					Realizar limpieza a los diques de sistema de filtros en la toma de agua industrial a fin de evitar el paso de residuos generados por el lodo a la bomba hidroneumatica	Anual	Personal de medio ambiente
N	N	N	S	N	N	S				Ningun mantenimiento programado. REDISEÑO PROPUESTO: Sistema de fijacion de las zapatas con topes axiales, anillos de desgaste y bloques guia		
N	N	N	S	N	N	S				Ningun mantenimiento programado. REDISEÑO PROPUESTO: Sistema de fijacion de las zapatas con topes axiales, anillos de desgaste y bloques guia		
										Se analiza por separado		
										Se analiza por separado		
										Se analiza por separado		
N	N	N	S	S						Aplicar tintas penetrantes a las soldadutas de las placas para observar posibles fisuras. Generar orden para corregirlas en caso de existencia	Anual	Ing de mto predictivo
N	N	N	S	N	N	S				Reentrenamiento del operario		
N	N	N	S	S						Realizar estudio de ovalidad para identificar la deformacion elastica de la carcasa del horno. Si el porcentaje de ovalidad es mayor a 3% realizar cambio de virola	Anual	Personal externo

Fuente. Pasante

Figura 18. Hoja de decisiones análisis horno Allis-Chalmers CEMEX Planta Los Patios
 Pág. 2

N	N	N	S	N	N	N				Ningun mantenimiento programado		
N	N	N	S	S						Realizar estudio de ovalidad para identificar la deformación elastica de la carcasa del horno. Si el porcentaje de ovalidad es mayor a realizar cambio de virola	Anual	Personal externo
N	N	N	S	S						Hacer mediciones topograficas en las bases del horno para verificar nivelacion y alineacion de los rodillos.Generar orden de trabajo para alinear y nivelar	Anual	Ingeniero mto predictivo
N	N	N	S	S						Tomar medidas de espesor en los anillos de rodadura para llevar control del desgaste	Anual	Ingeniero mto predictivo
N	N	N	S	S						Hacer pruebas de ultrasonido en los anillos de rodadura para buscar fisuras por fatiga. Generar una orden para soldar y reforzar el anillo	Anual	Ingeniero mto predictivo
N	N	N	S	S						Hacer mediciones topograficas en las bases del horno para verificar nivelacion y alineacion de los rodillos.Generar orden de trabajo para alinear y nivelar	Anual	Ingeniero mto predictivo
N	N	N	S	S						Medir holgura entre la llanta y las zapatas para determinar el desgaste	Anual	Ingeniero mto predictivo
N	N	N	S	N	S					Lubricar parte interna de los aros de rodadura para permitir desplazamiento y evitar la ovalidad del casco	Semanal	Operador de horno
N	N	N	S	N	S					Realizar inspeccion por turno de la carcasa del horno para identificar cualquier anomalidad en la soldadura de las virolas	Diario	Operador de horno
N	N	N	S	N	S					Realizar inspeccion por turno de la carcasa del horno para identificar cualquier anomalidad en la soldadura de las virolas	Diario	Operador de horno
N	N	N	S	N	N	N				Ningun mantenimiento programado		
N	N	N	S	N	N	S				Reentrenamiento del operario de sala de control		
N	N	N	S	N	N	S				Reentrenamiento del operario encargado de la instalacion		
N	N	N	S	N	N	S				Reentrenamiento del operario de sala de control		
N	N	N	S	N	S					Medir desgaste del refractario perforando un ladrillo cada metro en el interior del horno. Realizar cambio de ladrillo en el tramo donde el desgaste sea mayor al 60% de la altura inicial	Anual	Operario de produccion
N	N	N	S	N	S					Verificar alineacion del quemador		

Fuente. Pasante

Figura 19. Hoja de decisiones análisis horno Allis-Chalmers CEMEX Planta Los Patios
 Pág. 3

N	N	N	S	N	S						Realizar inspeccion de nivel de lubricante en la chumacera, mantener la cantidad deaceite a no menor de 1 galon	Semanal	Operario del horno
N	N	S		N	S						Revisar estado de los sellos de las chumaceras, si se presentan fugas deaceite cambiar el sello	Anual	Operario de mantenimiento mecanico
N	N	S		S							Tomar pruebas de aceite de las chumaceras y se realiza analisis. Se realiza cambio de aceite cuando los resultados del analisis muestran bajo porcentaje de viscosidad y contaminacion	Trimestral	Ingeniero de mtto predictivo
N	N	N	S	N	S						Realizar limpieza a los diques de sistema de filtros en la toma de agua industrial a fin de evitar el paso de residuos generados por el lodo a la bomba hidroneumatica	Anual	Personal de medio ambiente
N	N	N	S	N	N	S					Reentrenamiento del operario de sala de control		
N	N	S		N	S						Revisar estado de las baquelitas si se encuentra desgaste realizar cambio	Anual	Operario de mantenimiento mecanico
N	N	N	S	N	N	S					Reentrenamiento del operario de sala de control		
N	N	S		N	S						Revisar estado de las baquelitas si se encuentra desgaste realizar cambio	Anual	Operario de mantenimiento mecanico
N	N	N	S	S							Hacer mediciones topograficas en las bases del horno para verificar nivelacion y alineacion de los rodillos.Generar orden de trabajo para alinear y nivelar		
N	N	N	S	S							Tomar medidas del nivel de desviacion del perfil del cuerpo del horno, si la excentricidad es mayor a 3% realizar un sangrado en la virola para corregir	Anual	Personal externo
N	N	N	S	N	N	N					Ningun mantenimiento programado		
N	N	S		N	S						Revisar estado de las baquelitas si se encuentra desgaste realizar cambio	Anual	Operario de mantenimiento mecánico
N	N	N	S	S							Realizar control de desgaste en los dientes de la corona y piñon de ataque	Anual	Ingeniero de mtto predictivo

Fuente. Pasante

Figura 20. Hoja de decisiones análisis horno Allis-Chalmers CEMEX Planta Los Patios
 Pág. 4

N	N	N	S	N	S						Tomar medidas de desplazamiento y holgura en caliente del aro de rodadura respecto a la carcaza del horno	Dos semanas	Operario de mantenimiento mecánico
N	N	N	S	S							Medir holgura en frío entre la llanta y las zapatas para determinar el desgaste	Anual	Ingeniero de mto predictivo
N	N	N	S	N	S						Realizar limpieza a los diques de sistema de filtros en la toma de agua industrial a fin de evitar el paso de residuos generados por el lodo a la bomba hidroneumatica		
N	N	N	S	N	N	N					Ningun mantenimiento programado		
N	N	N	S	N	N	S					Realizar cambio de la tubería de refrigeración de las chumaceras en todas las bases	3 años	Operario de mantenimiento mecánico
N	N	N	S	N	S						Realizar inspección de nivel de lubricante en la chumacera, mantener la cantidad de aceite a no menor de 1 galon	Semanal	Operario del horno
N	N	N	S	N	S						Realizar medición de asentamiento en los rodillos con alambres de plomo, usar un alambre de 2 a 4mm de diametro y ponerlo en el punto de contacto entre la llanta y el rodillo. De acuerdo a los resultados maquinar los rodillos	6 meses	Operario de mantenimiento mecánico
N	N	N	S	N	S						Inspeccionar diariamente el recipiente de grasa de lubricacion	Mto autonomo	Operario de mantenimiento mecánico
N	N	N	S	N	N	S					Ningun mantenimiento programado. REDISEÑO PROPUESTO: Metodo de lubricacion Klübermatic PA: la disposición de los tubos de lubricación, los flancos de diente cargados de los piñones de entrada y de salida se lubrican		
N	N	N	S	N	N	S					Ningun mantenimiento programado. REDISEÑO PROPUESTO: Metodo de lubricacion Klübermatic PA: la disposición de los tubos de lubricación, los flancos de diente cargados de los piñones de entrada y de salida se lubrican		
N	N	N	S	N	N	S					Ningun mantenimiento programado. REDISEÑO PROPUESTO: Metodo de lubricacion Klübermatic PA: la disposición de los tubos de lubricación, los flancos de diente cargados de los piñones de entrada y de salida se lubrican		
N	N	N	S	N	S						Verificar diariamente el estado de los conductos de aire en el sistema de lubricacion,	Mto autonomo	Operario del horno
N	N	N	S	N	S						Hacer limpieza del sistema de distribución de boquillas	Cada mes	Operario de mantenimiento mecánico
N	N	N	S	N	N	S					Cambiar filtro del sistema de distribución de grasa en la parte de las boquillas	2 años	Operario de mantenimiento mecánico

Fuente. Pasante

Figura 21. Hoja de decisiones análisis horno Allis-Chalmers CEMEX Planta Los Patios
Pág. 5

N	N	S		N	S					Revisar estado de los sellos de las chumaceras, si se presentan fugas de aceite cambiar el sello	Anual	Operario de mantenimiento mecanico
N	N	S		N	N	S				Reentrenamiento del operario encargado de instalar los sellos de las chumaceras		
N	N	N	S	N	N	N				Ningun mantenimiento programado		
N	N	N	S	N	N	N				Ningun mantenimiento programado		
N	N	N	S	N	N	S				Hacer cambio de laminas de los sellos	Anual	
N	N	N	S	N	N	N				Ningun mantenimiento programado		
N	N	N	S	N	S					Lubricar los sellos en la parte de alimentacion y de entrada	Cada 3 dias	Operario del horno
N	N	N	S	N	N	S				Reentrenamiento del operario encargado de instalar las laminas de los sellos		
N	N	N	S	S						Hacer mediciones topograficas en las bases del horno para verificar nivelacion y alineacion de los rodillos. Generar orden de trabajo para alinear y nivelar	Anual	Ingeniero de mto predictivo
N	N	N	S	S						Tomar medidas del nivel de desviacion del perfil del cuerpo del horno, si la excentricidad es mayor a 3% realizar un sangrado en la virola para corregir	Anual	Personal externo
N	N	N	S	N	N	N				Ningun mantenimiento programado.		
N	N	N	S	N	S					Aplicar pintura epoxica en la base superior de concreto para evitar que el lubricante se filtre en el concreto y facilite la limpieza	Anual	Personal externo
N	S			N	S					Revisar el estado de las guardas de los rodillos, realizar cambio si se presenta en mal estado	6 Meses	Supervisor de seguridad industrial y salud ocupacional
N	S			N	S					Revisar el estado de las mamparas, realizar cambio si se presenta en mal estado	6 Meses	Supervisor de seguridad industrial y salud ocupacional
N	S			N	N	N				Ningun mantenimiento programado.		

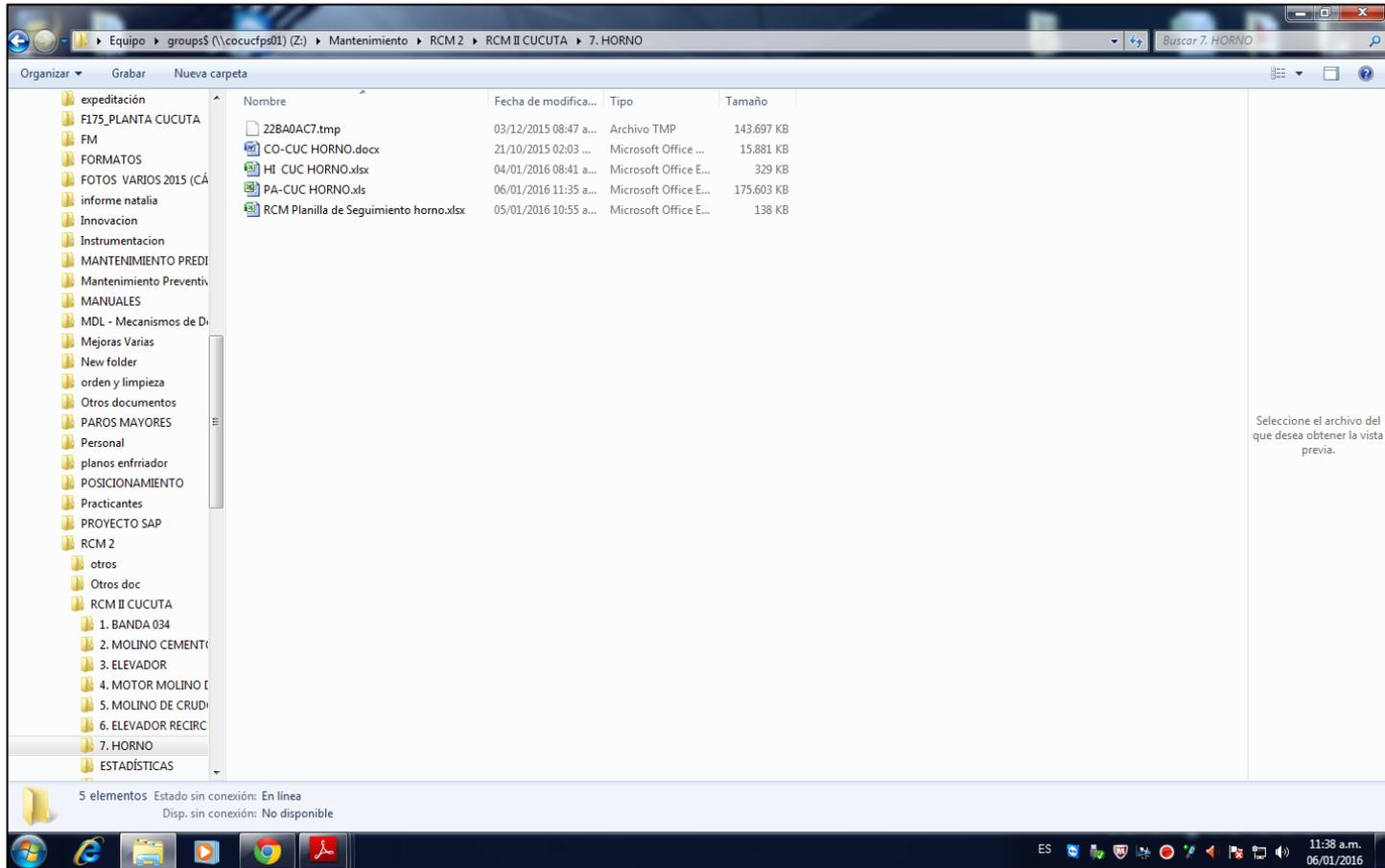
Fuente. Pasante

De esta manera finaliza el análisis de Mantenimiento centrado en confiabilidad para el Horno rotatorio Allis Chalmers en la Planta CEMEX Los Patios, donde se determinaron 17 tareas preventivas, 11 tareas predictivas, 3 tareas de reacondicionamiento cíclico, y 2 rediseños propuestos para finalmente el análisis entrar en revisión y auditoria.

Actividad 9. Incluir análisis hecho al equipo en el SCM

Luego de cumplir con las actividades anteriores como fue realizar el análisis de RCM al horno Allis-Chalmers en conjunto con el grupo de análisis los formatos utilizados durante las reuniones, como la planilla de seguimiento, el contexto operacional, el plan de acción inmediato, la hoja de información y la hoja de decisiones se llevan a la red de la planta (*Ver figura 22*), estos archivos al ser incluidos en la red de mantenimiento lo puede observar las personas con accesos a los equipos de la oficina y a la carpeta de mantenimiento como los coordinadores de mantenimiento mecánico y eléctrico, supervisores de mantenimiento y el gerente de la planta.

Figura 22. Carpeta de RCM Horno Allis-Chalmers en SCM de la Planta Los Patios



Fuente. Pasante

4 DIAGNOSTICO FINAL

El proyecto de mantenimiento centrado en confiabilidad para el horno de la planta Los Patios CEMEX Colombia S.A queda en una fase intermedia ya que el análisis debe entrar en revisión y auditoria en la dirección técnica regional en Ibagué, donde las correcciones serán enviadas al facilitador del grupo y trabajadas por los integrantes, de manera que las rutinas de mantenimiento propuestas y aceptadas puedan incluirse en el plan de mantenimiento mecánico y eléctrico de la planta en el sistema SAP y su ejecución siga llevándose acabo y las propuestas de rediseño sean aplicadas mejorando la confiabilidad y disponibilidad del equipo.

Para un segundo grupo encargado de análisis de RCM queda la responsabilidad del análisis de otros sistemas que hacen parte de la clinkerizacion de la harina y funcionamiento del horno, como son los motores principales, y demás componentes que hacen parte del sistema de transmisión y el quemador, para así tener la rutina de mantenimiento completa en el área del horno.

5 CONCLUSIONES

El estudio de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM realizado con personal de mantenimiento es una herramienta importante para la empresa ya que se puede definir una estrategia de mantenimiento eficaz con el fin de alcanzar los objetivos de confiabilidad y disponibilidad del horno rotatorio en la fábrica de cemento CEMEX planta Los Patios, de manera que cuando el equipo pare se le realicen las tareas de mantenimiento necesarias optimizando los recursos de mantenimiento mecánico y eléctrico.

El Análisis de Modos de Fallas de RCM II permite tener una información completa de las causas de las fallas, en el caso del Horno, analizando cuáles son las consecuencias de estas fallas mediante el diagrama lógico de decisiones permite definir las tareas de mantenimiento específicas para poder eliminarlas. Bajo esta metodología, se definió una estrategia de Mantenimiento para el Horno rotatorio Allis-Chalmers en la fábrica de cemento CEMEX planta Los Patios conformada por tareas a condición, de reacondicionamiento cíclico, predictivas y correctivas.

Para lograr los objetivos del estudio de RCM es necesario el trabajo en equipo del personal de mantenimiento, los coordinadores, el planeador, supervisores y técnicos de manera que se cumplan las metas trazadas inicialmente por el grupo encargado del análisis.

Por lo expuesto puede concluirse que las tareas de mantenimiento deben ser orientadas a eliminar o reducir hasta hacer manejables las consecuencias de una falla más que la falla en sí misma.

6 RECOMENDACIONES

A pesar de que la planta CEMEX Los Patios posee un amplio sistema de información técnica y de mantenimiento de los equipos utilizados para la producción se debería tener actualizada esta información, ya que en el transcurso de los años se han hecho modificaciones e instalaciones y en algunos equipos no se encuentra registro de los cambios hechos como planos, catálogos o fichas técnicas.

El estado y visibilidad de los planos que llevan mucho tiempo en la planta no es muy bueno debido a que con el tiempo el papel se deteriora, para tener un mejor acceso y entendimiento de estos se debería pasar a medio magnético toda la información referente a planos de los equipos y de proyectos realizados en la planta.

7 BIBLIOGRAFÍA

C. Klein, C. S. (s.f.). Manual de Mineralogía,. Reverté, 1998.

CEMEX. (2007). *Manual Mantenimiento Hornos* . Vicepresidencia de Operaciones Direccion de Soporte Técnico.

CEMEX. (s.f.). *Acerca de Cemex*. Recuperado el 17 de Agosto de 2015, de Cemex Colombia : <<http://www.cemexcolombia.com/NuestraEmpresa/Historia.aspx>>

CEMEX. (s.f.). *Acerca de Cemex*. Recuperado el 17 de Agosto de 2015, de Cemex Colombia: <<http://www.cemexcolombia.com/NuestraEmpresa/PerfilCompañia.aspx>>

CEMEX. (s.f.). *Acerca de Cemex*. Recuperado el 17 de Agosto de 2015, de Cemex Colombia : <<http://www.cemexcolombia.com/NuestraEmpresa/Vision.aspx>>

CEMEX. (s.f.). *Acerca de Cemex*. Recuperado el 17 de Agosto de 2015, de Cemex Colombia : <<http://www.cemexcolombia.com/NuestraEmpresa/NuestroEnfoque.aspx>>

Construccion pan-Americana. (07 de 12 de 2015). *Construccion pan-Americana*. Obtenido de <http://www.cpampa.com/web/cpa/2008/09/guia-practica-sobre-cribas-separadoras-vibratorias/>

Elevador por cangilones. Colombia. Autor, s. (s.f.). Recuperado el 12 de 11 de 2015, de http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/ingenieria-de-transportes/material-de-clase-1/elevadores_cangilones.pdf

Holcim. (s.f.). *Ficha de datos de seguridad del clinker de cemento Portland*. Recuperado el 30 de Noviembre de 2015, de www.holcim.es/fileadmin/templates/ESP/doc/Fichas_Seguridad_Cemento/FDS-clinker-October11_01.pdf

ing unlp. (s.f.). Recuperado el 12 de 11 de 2015, de www.ing.unlp.edu.ar/dquimica/paginas/catedras/iofq809/apuntes/Ciclones.pdf

Moubray, J. (s.f.). *Reliability-centred Maintenance (RCM)* (Edicion en Español ed.). Aladon .

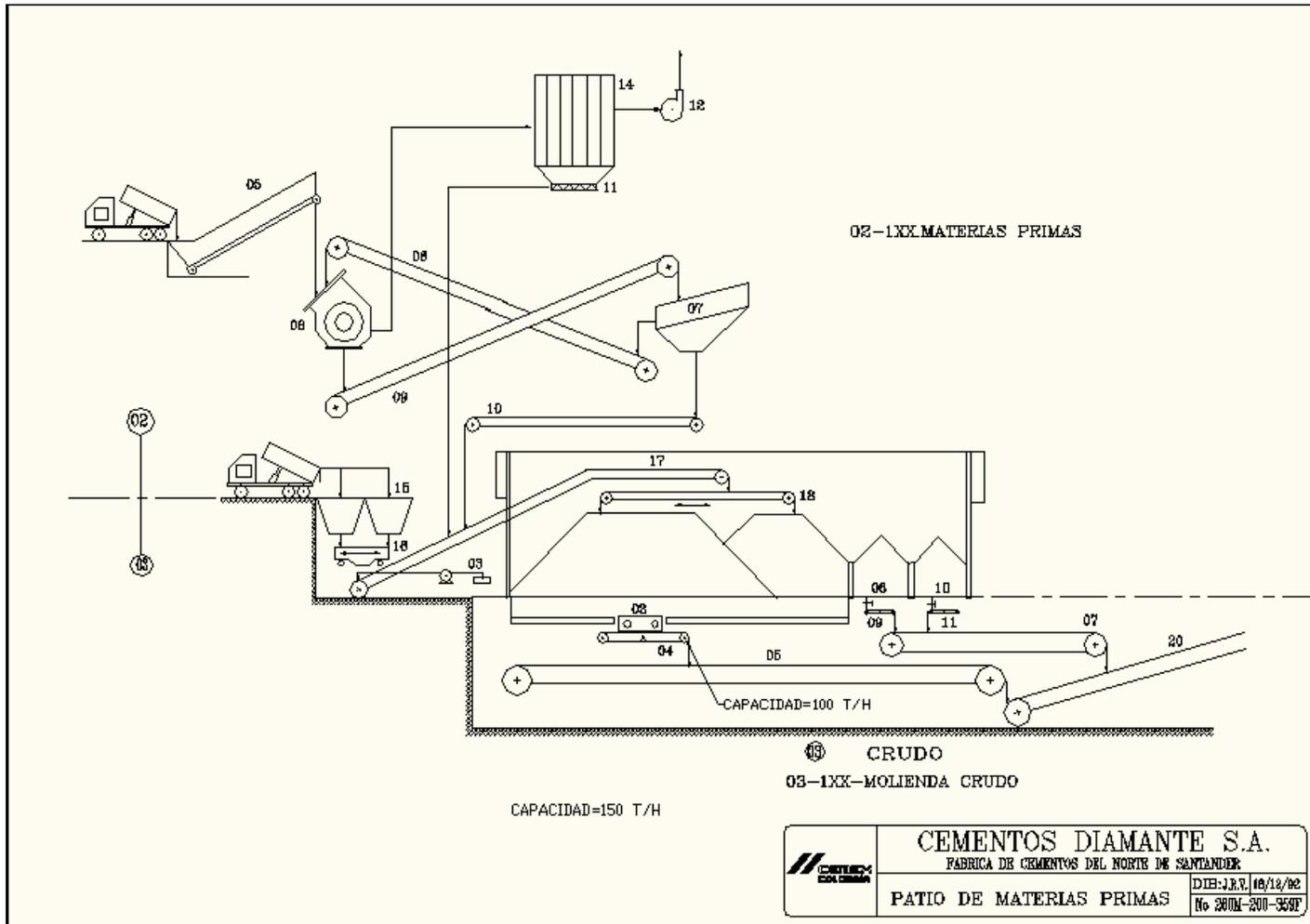
TIMKEN . (s.f.). *PROYESA El Salvador* . Recuperado el 02 de 12 de 2015, de www.proyesa.com.sv/ind-chumaceras.php

Universidad de Malaga Departamento de Contabilidad y Gestion . (s.f.). *De la empresa sobre soluciones SAP*. Recuperado el 30 de Noviembre de 2015, de www.mastersap.es/sap/

Zorrilla, S. P. (2012). *Elementos de proteccion personal* . Oficina de Gestion de Higiene, Seguridad y Medioambiente Laboral.

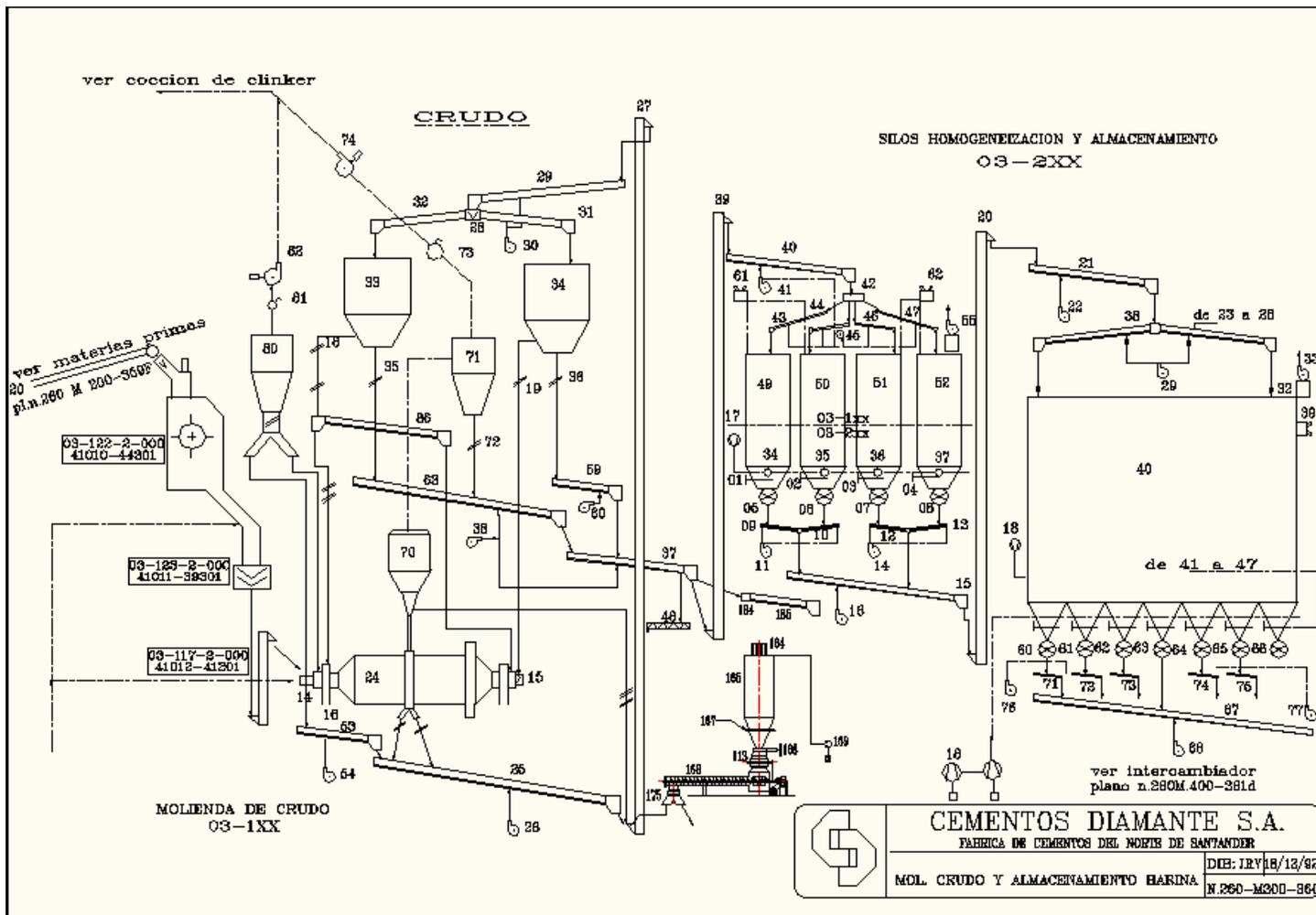
ANEXOS

Anexo 1. Diagrama de flujo, área trituration de materia prima de la planta Los Patios – CEMEX Colombia S.A.



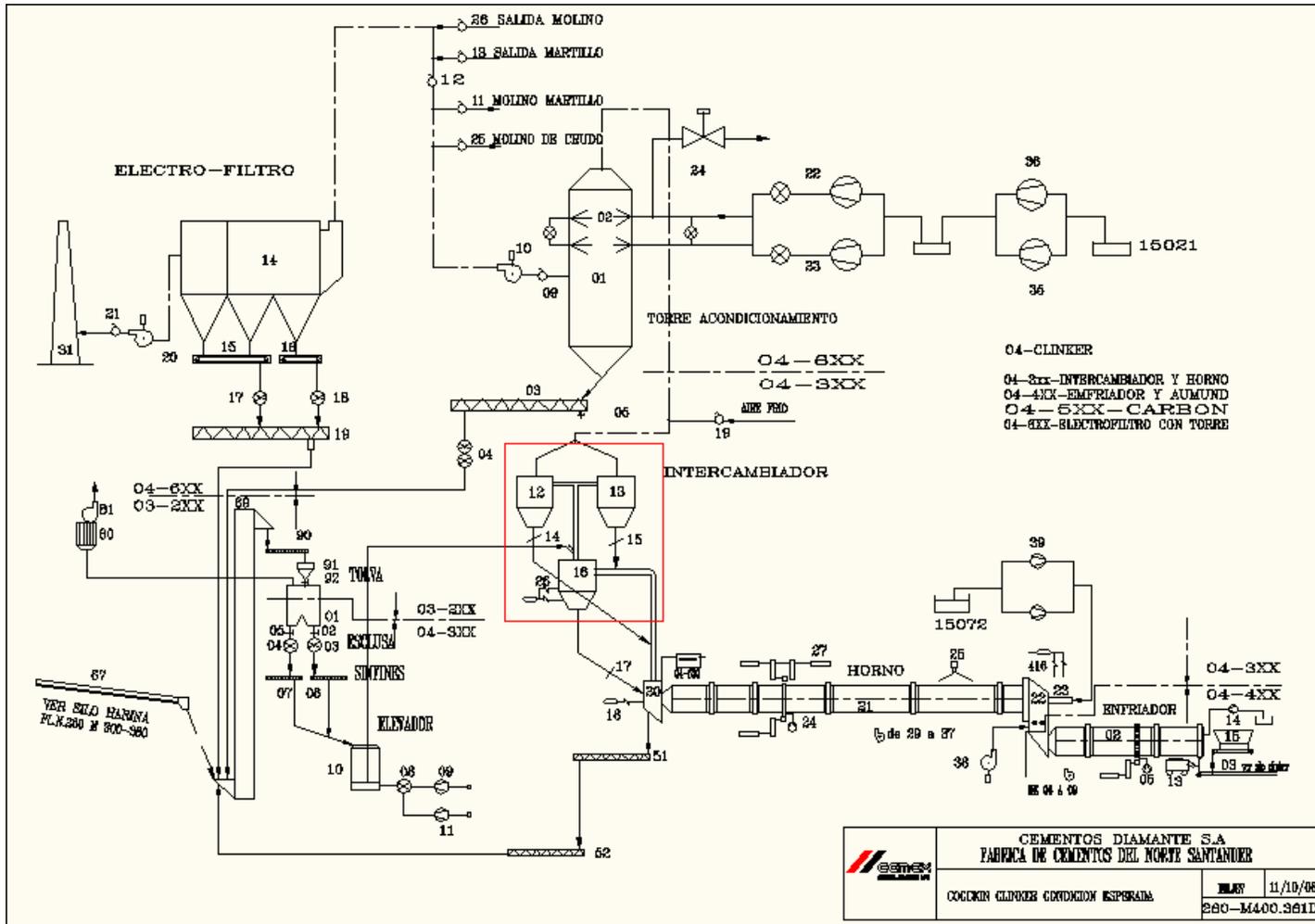
Fuente. SCM – Planta Los Patios – CEMEX Colombia S.A.

Anexo 2. Diagrama de flujo, área molienda de crudo y almacenamiento de harina de la planta Los Patios – CEMEX Colombia S.A.



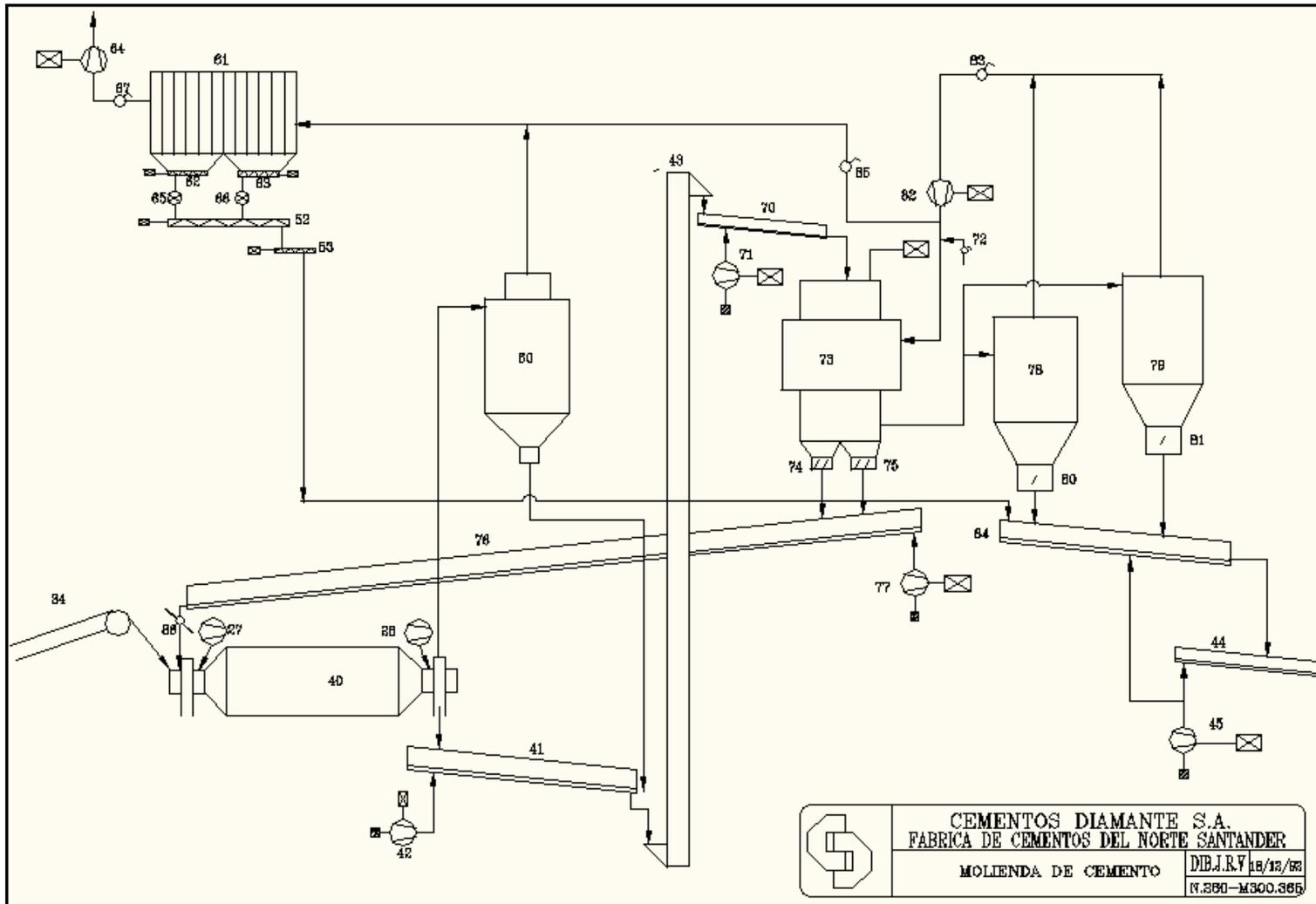
Fuente. SCM – Planta Los Patios – CEMEX Colombia S.A.

Anexo 3. Diagrama de flujo, área precalentamiento y clinkerización de la harina de la planta Los Patios – CEMEX Colombia S.A.



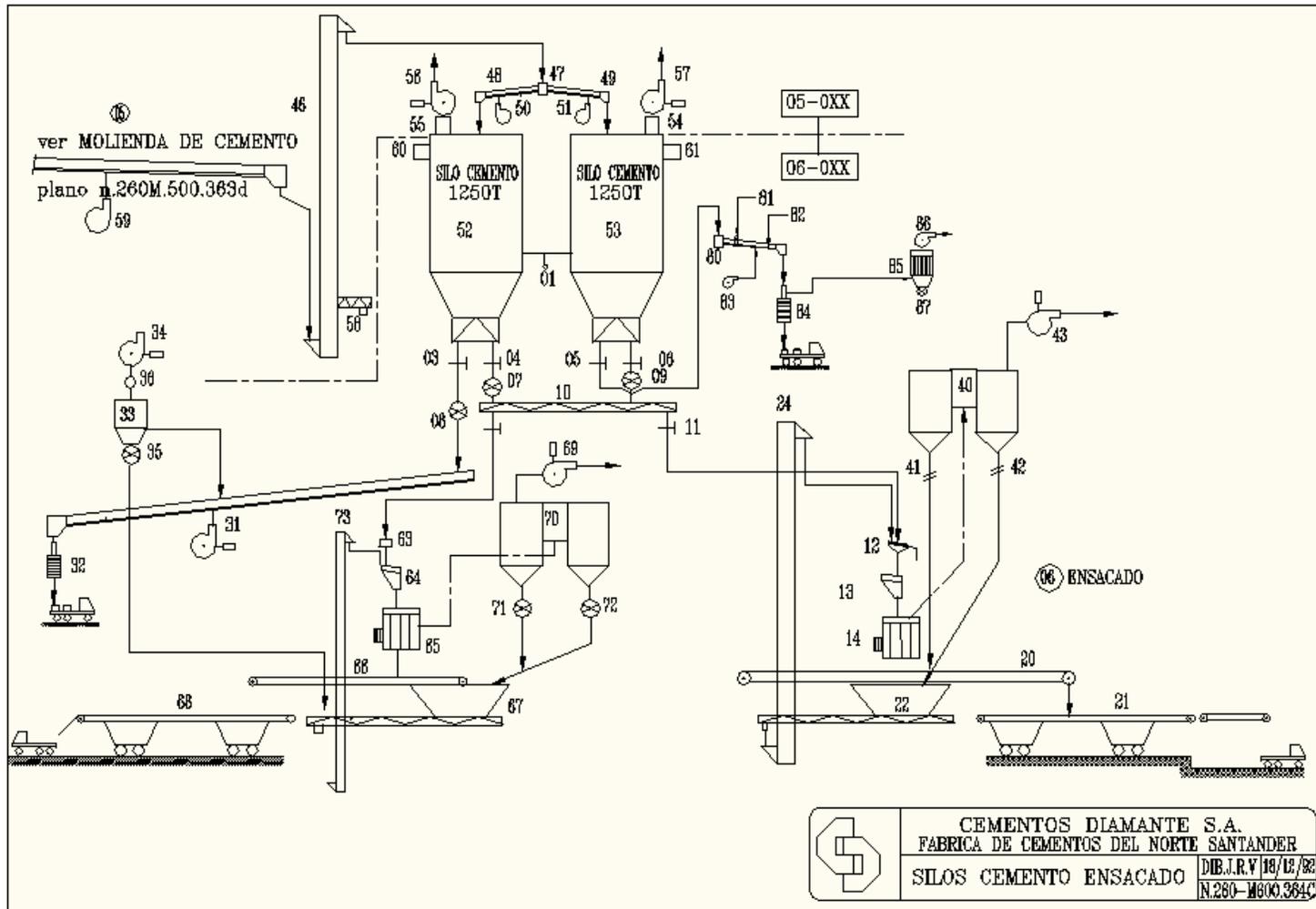
Fuente. SCM – Planta Los Patios – CEMEX Colombia S.A.

Anexo 4. Diagrama de flujo, área molienda de cemento de la planta Los Patios – CEMEX Colombia S.A.



Fuente. SCM – Planta Los Patios – CEMEX Colombia S.A

Anexo 5. Diagrama de flujo, área empaque de cemento de la planta Los Patios – CEMEX Colombia S.A.



Fuente. SCM – Planta Los Patios – CEMEX Colombia S.A

Anexo 6. Contexto operacional pág. 1

CONTEXTO OPERACIONAL

Equipo: Horno	Código del equipo: 54003-47103/46100	Facilitador: Orlando Mosquera	Fecha:	Hoja #: 1
Componente:	Código de Componente:	Auditor:	Fecha:	De: 9

CEMEX COLOMBIA

CEMEX Colombia, nació en 1996, cuando dentro de su política de expansión en mercados en crecimiento, CEMEX adquirió dos de las más importantes compañías cementeras del país: Cementos Diamante S.A. e Industrias e Inversiones Samper S.A., con sus respectivas filiales.

En Colombia, CEMEX cuenta con 2 plantas cementeras (Caracolito y Cúcuta) y 3 estaciones de molienda y ensacado (Santa Rosa, Bucaramanga y Clemencia) con una capacidad instalada de 5'000.000 de toneladas de cemento Pórtland al año.

Como política corporativa, entre otras CEMEX ha implementado las normas ISO 9001, ISO 14001, así como la certificación de excelencia en seguridad otorgada por Factory Mutual (High Protection Risk).

PLANTA CÚCUTA

La planta de Cúcuta inicio operaciones en el año 1983 con el nombre de cementos Diamante y es una de las 2 plantas productoras de cemento de Cemex en Colombia. Tiene una capacidad instalada de 438.000 toneladas de cemento al año.

La planta está ubicada en la región nororiental de Colombia, Kilómetro 7 vía Pamplona, Los patios departamento Norte de Santander (Limite con Venezuela)

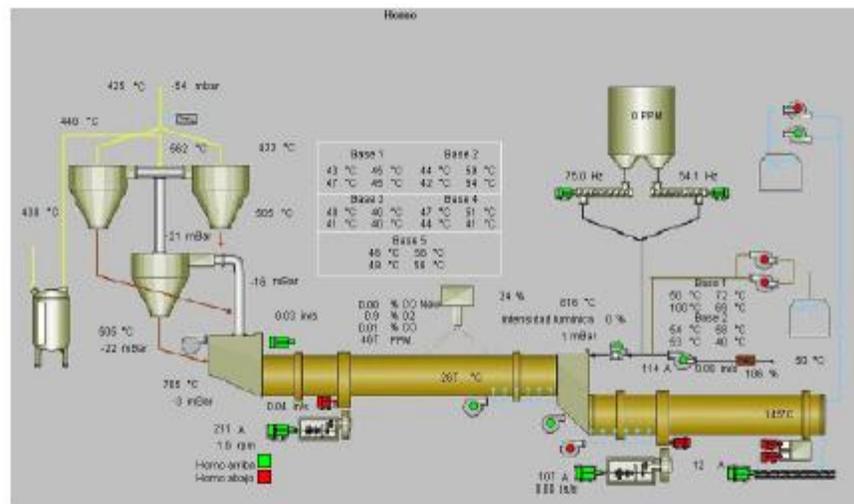
Fuente. Pasante

Anexo 6. Contexto operacional pág. 2

HORNO ALLIS CHALMERS 04-321

El Horno ALLIS CHALMERS consiste en un tubo cilíndrico apoyado sobre 5 estaciones de rodadura, que tiene una pendiente del orden del 3.5 % con respecto a la horizontal y que gira a velocidades de rotación comprendidas entre 1.8 y 2.01 rpm

El sistema de accionamiento comprende un engranaje en dos piezas que rodea la virola, una corona dentada y los piñones, ambos engranajes con acoplamientos, embragues, reductores de velocidad y sus motores. La corona dentada y sus piñones van cubiertos por una caja de plancha de acero estanca para el aceite y el polvo.



Fuente. Pasante

Anexo 6. Contexto operacional pág. 3

ESPECIFICACION TECNICA

HORNO ROTATORIO



Capacidad	29t/h; 696t/dia nominales
Diámetro	3505mm
Longitud	98005mm
Velocidad	1.8rpm con piñón de 17 dientes; 2.01 rpm con piñón de 19 dientes
Potencia absorbida a 1.6rpm	2x50KW

DISPOSITIVO DE ROTACION

5 Estaciones de rodamientos	
Diámetro de las llantas	(4) 4140 x 559mm y (1) 4369 x 651mm
Diámetro de los rodillos	1732mm
Accionamiento	2 motores, 2 reductores, 2 piñones y una corona
*Engrane de la corona por pulverización de grasa	
Consumo de grasa	12-18kg/dia
Consumo calorífico estimado (LHV)	4900KJ/Kg Clinker

Comprende:

- Cono de entrada y cabezal de calentamiento
- 2 hileras de relevadores (intercambiadores) de acero Cr Ni 25/20
- Consumo de aire comprimido: 10 m³/h
(Relación 273°K y 1016 mbar)
- Consumo de agua de enfriamiento: 12 m³/h a 35°C
- Motor auxiliar
- Enladrillado ERECO
- 20 Chumaceras ASNH 522-619

Fuente. Pasante

Anexo 6. Contexto operacional pág. 4

SISTEMA DE MANDO

Corona y piñones	
Proveedor	A. CHALMERS EEUU, X-TEK
Tipo	1 corona, 2 piñones WAC 154147 PZ
Nº de serie	X-TEK 1446/47 OCT 70
Relación rpm	192/17

Reductores principales	
Proveedor	FALK CORP. EEUU
Tipo	12 GDA
Nº de serie	MO 5620-7592
Relación rpm	54.198/1

Acople piñones	
Proveedor	FALK CORP. EEUU
Tipo	(2) 220 F
Relación rpm	1/1 (20.33 rpm)

Correa en V	
Proveedor	ALLIS CHALMERS
Nº de serie	(6) D
Relación rpm	381/415mm

RODAMIENTOS

Arbol piñón	1805 D 22 W 33	SKF
Motor A.C.	320 SFF	MRC
Motor A.C.	318 SFF	

SELLO DE ENTRADA Y DE SALIDA: Son placas rectangulares de 140x420mm en calibre 15 fabricadas en acero 1095 revenido y templado en aceite y flejes que ejercen presión sobre las placas y permiten una buena hermeticidad de sellado sobre la virola del horno. En la entrada las placas y los flejes van montados en un cono acoplado sobre la parte cilíndrica de la cámara de humos, sobre el cono de entrada van montados los cangilones que se encargan de recoger el material que tiende a irse por el laberinto del sello y descargarlo dentro del horno, y en la salida las placas y los flejes van montados en un cono que va adherido a un disco acoplado a la caperuza del horno.

Fuente. Pasante

Anexo 6. Contexto operacional pág. 5

NARIZ DE DESCARGA: Está compuesta de varias placas resistentes a altas temperaturas, una de estas placas va soldada al casco del horno y sirve de soporte a los otros elementos, además permite que sobre ellos se coloque ladrillo refractario para evitar el contacto con el clinker caliente.

LEVANTADORES: Laminas de acero en forma de media luna, ubicadas en la zona de pre calcinación, su fijación se hace por medio de platinas soldadas al casco y atornilladas entre sí.

ENLADRILLADO

Area	Longitud	Espesor de ladrillos	Calidad
Cono de entrada y zona A	9060mm	180mm	Contenido de Al_2O_3 superior al 40%, elevado contenido de SiO_2
Zona B	48600mm	180mm	Ladrillo tipo aislante
Zona C	10000 mm	180mm	48-52% de Al_2O_3
Zona D	5000mm	180mm	75% de Al_2O_3
Zona F	2000mm	180mm	80-85% de Al_2O_3

Caperuza del horno

Espesor total del revestimiento: 300mm consta de:

- Contra la chapa: 114mm de ladrillos tipo aislante
- Lado interior: 180mm de ladrillos con un contenido de Al_2O_3 del 75%

Datos técnicos	
MgO	Max 70%
Cr_2O_3	8 - 12%
SiO_2	2 - 4%
Densidad	2.9 - 3.0 g/cm ³
Porosidad aparente	18 - 23%
Resistencia a la presión	25 - 50 Mpa
Temperatura máxima Ta	1500 - 1550

Fuente. Pasante

Anexo 6. Contexto operacional pág. 6

SISTEMA ELÉCTRICO

Comprende:

- Scanner de temperatura en el casco del horno, barrido y recolección de datos por metro
- Sensor de posicionamiento entre las roldanas en la segunda base
- Sensor de temperatura en las chumaceras de las cinco bases
- Sensores de flujo de agua en las chumaceras de la base uno
- Sensor de radiación, medidor de la intensidad luminosa en la parte de descarga del horno
- Sensor en la cámara de humos, medición de presencia de O₂ y CO en la combustión
- Sensores de corriente en los motores que comprende el horno

LUBRICACION

Chumacera:

- Mobil gear 636
-

Información Técnica Mobil gear 636	
Grado de viscosidad ISO	320
Viscosidad, ASTM D 445	320
cSt @ 40°C	
cSt @ 100°C	24.5
Índice de viscosidad, ASTM D 2270	97
Punto de congelación, °C, ASTM D 97	-18
Punto de inflamación, °C, ASTM D 92	265
Densidad @15.6 °C, ASTM D 4052, kg/l	0.89
Carga Timken OK, ASTM D 2782	65
Ensayo EP 4-Bolas, ASTM D 2783	
Carga de soldadura, kg	250
Índice de desgaste por carga, kgf 48	48

Fuente. Pasante

Anexo 6. Contexto operacional pág. 7

- Fugas y calentamiento en la chumacera: Aceite sintético Mobil gear SHC 3200 Exxon

Información Técnica Mobil gear SHC 3200 Exxon	
Grado de viscosidad ISO	3200
Viscosidad, ASTM D 445:	
cSt a 40° C	3200
cSt a 100° C	183
Índice de viscosidad, ASTM D 2270	165
Punto de fluidez, °C, ASTM D 97	-9
Densidad @ 15.6°C, kg/l, ASTM D 4052	0.89
Punto de inflamación, °C, ASTM D 92	230
Prueba EP de 4 bolas, ASTM D 2783:	
Carga de soldadura, kg	250
Índice de desgaste de carga, kgf	48

Catarina:

- Lubry kote

Llantas

- HY Lubry kote

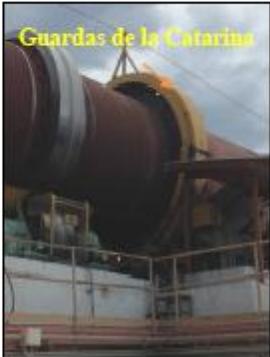
Información Técnica HY Lubry kote	
Viscosidad ssu a 40 ° C	200
Temperatura de trabajo	900 ° C
Punto de Goteo	1200 ° C
Color	Gris claro
Consistencia	1
Resistencia a la extrema presión	200.000 psi

Fuente. Pasante

Anexo 6. Contexto operacional pág. 8

SEGURIDAD

Para la protección de los trabajadores, y evitar atrapamientos por las partes en movimiento del horno y altas temperaturas se encuentran instaladas las mamparas, las guardas de los motores, las guardas de los rodillos, y la guarda de la Catarina



Fuente. Pasante

Anexo 7. Plan de acción RCM CEMEX planta Los Patios Pág. 1

Acciones Análisis RCM2 : 04-321 Horno rotatorio Allis-Chalmers					SEGUIMIENTO A EVALUACION DE PLANTA			
PLAN DE ACCION RCM 2015 FECHA: <input type="text"/> DIRECTOR DE PL: JOAQUIN MORENO LIDER EVALUAD: ORLANDO MOSQUERA					FECHA: <input type="text"/> DIR. DE PLANTA: JOAQUIN MORENO SEGUIMIENTO: ORLANDO MOSQUERA			
CONDICIÓN	RECOMENDACIÓN	PLANTA			FECHA DE INICIO	FECHA DE TERMINACION	% AVANCE	COMENTARIOS
		RESPONSABLE	O.T.	INVERSION ESTIMADA EN M USD				
Mejora de apariencia del equip	Aplicar pintura en la cuarta bar	Orlando Mosquera	40001274877		20-Nov-15		100%	
Adecuacion de trabajo	Cambiar tuberías de refrigeración de la cuarta bar	Orlando Mosquera	40002263033				100%	
Adecuacion de trabajo	Cambiar tuberías de refrigeración en la quinta bar	Orlando Mosquera	40002263033				100%	
Adecuacion de trabajo	Remover el ventilador zinc bar fija de la cuarta bar	Orlando Mosquera	400002263034				100%	

Fuente. SCM – Planta Los Patios – CEMEX Colombia S.A

Anexo 7. Plan de acción RCM CEMEX planta Los Patios Pág. 2

Acciones Análisis RCM2 : 04-321 Horno rotatorio Allis-Chalmers					SEGUIMIENTO A EVALUACION DE PLANTA			
PLAN DE ACCION RCM 2015 FECHA: <input type="text"/> DIRECTOR DE PL: JOAQUIN MORENO LIDER EVALUAD: ORLANDO MOSQUERA					FECHA: <input type="text"/> DIR. DE PLANTA: JOAQUIN MORENO SEGUIMIENTO: ORLANDO MOSQUERA			
CONDICIÓN	RECOMENDACIÓN	PLANTA			FECHA DE INICIO	FECHA DE TERMINACION	% AVANCE	COMENTARIOS
		RESPONSABLE	O.T.	INVERSION ESTIMADA EN M USD				
Adecuacion de trabajo	Remover el ventilador zinc bar fija de la cuarta bar	Orlando Mosquera	400002263034				100%	
Inspeccion	Cambiar guantes en mal estado en la tercera bar	Orlando Mosquera	40002236957				100%	
Adecuacion de trabajo	Consolidacion de escalera de acero	Orlando Mosquera	40002196624		21-Nov-15		100%	

Orlando Mosquera Coordinador de Mantenimiento	Gerardo Cuatrecasas Coordinador de Producción	José María Director Planta	1-10% 11-20% 31-50% 51-75% 76-90% 91-100%	O.T. Elaborada y Aprobada O.T. Statut 30 O.T. En Ejecución Ajuste y Pruebas Entrar a con Orden, Limpieza y Evaluación de Desempeño (Cierre de O.T.) Documentación y Reporte con % de Efectividad
--	--	-------------------------------	--	---

Fuente. SCM – Planta Los Patios – CEMEX Colombia S.A

Anexo 7. Plan de acción RCM CEMEX planta Los Patios Pág. 3

Acciones Análisis RCM2 : 04-321 Horno rotatorio Allis-Chalmers					SEGUIMIENTO A EVALUACION DE PLANTA			
PLAN DE ACCION RCM 2015								
FECHA: <input type="text"/>					FECHA: <input type="text"/>			
DIRECTOR DE PL: JOAQUIN MORENO					DIR. DE PLANTA: JOAQUIN MORENO			
LIDER EVALUAD: ORLANDO MOSQUERA					SEGUIMIENTO: ORLANDO MOSQUERA			
CONDICIÓN	RECOMENDACIÓN	PLANTA			FECHA DE INICIO	FECHA DE TERMINACION	40,0%	COMENTARIOS
		RESPONSABLE	O. T.	INVERSION ESTIMADA EN M USD			% AVANCE	
Insegura	Retirar tuba metálica de alumbrado vieja cargada de mano insegura en el paralelo de la primera bodega	Orlando Marquero	40001274877	\$ -	28-Nov-15		100%	
Adecuacion de trabajo	Construir tapa para tubería cerca a la primera bodega	Orlando Marquero	400002260363		15-Dic-15		100%	
Adecuacion de trabajo	Passar em uma caixa de cablar electrica resultando entre a cuarta y quinta bodega	Fernando Eche	40002104850		12-Oct-15		100%	
Mejora de apariencia del equipo	Cortar y remover tuberías funcionamiento	Orlando Marquero	400002263034	\$ -	17-Nov-15		100%	

Fuente. SCM – Planta Los Patios – CEMEX Colombia S.A

Anexo 7. Plan de acción RCM CEMEX planta Los Patios Pág. 4

Acciones Análisis RCM2 : 04-321 Horno rotatorio Allis-Chalmers					SEGUIMIENTO A EVALUACION DE PLANTA			
PLAN DE ACCION RCM 2015								
FECHA: <input type="text"/>					FECHA: <input type="text"/>			
DIRECTOR DE PL: JOAQUIN MORENO					DIR. DE PLANTA: JOAQUIN MORENO			
LIDER EVALUAD: ORLANDO MOSQUERA					SEGUIMIENTO: ORLANDO MOSQUERA			
CONDICIÓN	RECOMENDACIÓN	PLANTA			FECHA DE INICIO	FECHA DE TERMINACION	40,0%	COMENTARIOS
		RESPONSABLE	O. T.	INVERSION ESTIMADA EN M USD			% AVANCE	
Mejora de apariencia del equipo	Cortar y remover tuberías funcionamiento	Orlando Marquero	400002263034	\$ -	11-Nov-15		100%	
Mejora de apariencia del equipo	Aplicar pintura en la segunda bodega	Orlando Marquero	40001274877		11-Nov-15		100%	
Adecuacion de trabajo	Cambiar posición de la tubería y reconstruir al muro en el otro lado	Orlando Marquero	40001274877		19-Nov-15		100%	
Reconstruccion estructura civil	Reconstruir bodega civil en la cuarta bodega	Orlando Marquero	40002261554				100%	

Fuente. SCM – Planta Los Patios – CEMEX Colombia S.A