



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE
SEGURIDAD FUNCIONAL BASADO EN EL PROCESO
TECNOLÓGICO DEL MANTENIMIENTO DEL MOLINO DE
CRUDO Y DEL MOLINO DE CEMENTO DE LAFARGE EN
OTAVALO PARA OBTENER UN ALTO R.A.M.S”**

AUTOR: ALEX FRANCISCO AVILA MORALES

DIRECTOR: INGENIERO JUAN DÍAZ

CODIRECTOR: INGENIERO PEDRO MERCHÁN

SANGOLQUÍ, ABRIL 2015

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA****CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO**

El proyecto “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SEGURIDAD FUNCIONAL BASADO EN EL PROCESO TECNOLÓGICO DEL MANTENIMIENTO DEL MOLINO DE CRUDO Y DEL MOLINO DE CEMENTO DE LAFARGE EN OTAVALO PARA OBTENER UN ALTO R.A.M.S”, **fue realizado en su totalidad por el señor Alex Francisco Ávila Morales, que ha sido guiado y revisado periódicamente, como requerimiento parcial para la obtención del título de Ingeniero Mecánico.**

Sangolquí, Abril del 2015.

ING. JUAN DIAZ.

DIRECTOR

ING. PEDRO MERCHÁN

CODIRECTOR

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

YO, ALEX FRANCISCO ÁVILA MORALES

DECLARO QUE:

El proyecto de grado denominado: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SEGURIDAD FUNCIONAL BASADO EN EL PROCESO TECNOLÓGICO DEL MANTENIMIENTO DEL MOLINO DE CRUDO Y DEL MOLINO DE CEMENTO DE LAFARGE EN OTAVALO PARA OBTENER UN ALTO R.A.M.S”** ha sido desarrollado mediante investigación de sus autores y con el debido respeto a los derechos intelectuales de terceros, los mismos que han sido declarados en citas que constan en los pies de página correspondientes además de incorporarlos en la bibliografía.

En virtud de esta declaración, aclaro que el trabajo es de mi autoría y me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto.

Sangolquí, Abril del 2015.

AVILA MORALES

ALEX FRANCISCO

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

AUTORIZACIÓN

YO, AVILA MORALES ALEX FRANCISCO

Autorizo a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del proyecto de grado titulado: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SEGURIDAD FUNCIONAL BASADO EN EL PROCESO TECNOLÓGICO DEL MANTENIMIENTO DEL MOLINO DE CRUDO Y DEL MOLINO DE CEMENTO DE LAFARGE EN OTAVALO PARA OBTENER UN ALTO R.A.M.S”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Sangolquí, Abril del 2015.

AVILA MORALES

ALEX FRANCISCO

DEDICATORIA

Por haberme criado, por haberme cuidado, por haberme educado con valores, y por estar ahora desde el cielo junto a Mí, le dedico a Usted querida Madre este proyecto.

Con profundo Amor para mi esposa e hijo, que son mi adoración e inspiración de cada día.

Con Cariño a mi Padre y mi hermana, que me acompañan en cada paso y reto, por el valor y esfuerzo que tienen para continuar.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por las oportunidades que me brinda todos los días, por darme el valor y el coraje para afrontar las situaciones más adversas.

Las más sinceras gracias a mi Esposa e Hijo que están junto a mí, con su apoyo, constancia e insistencia, con su amor incondicional y que día a día aprecian el esfuerzo y perseverancia que se realiza.

Un Gracias de corazón a mi Madre Normita y a mi Padre Viche, que me apoyan día a día, y a mi hermana Anita por su constancia.

Un Dios le pague a toda mi familia que siempre está junto a mí sin importar las adversidades, gracias por su apoyo.

Deseo agradecer al Grupo LAFARGE, por haberme permitido desarrollar como profesional y terminar este gran paso en mi vida, Ing. Segundo Arias, Ing. Fernando Andrade, Ing. José Martínez, Ing. Israel Valencia, Ing. Jean Torres que de forma desinteresada me han brindado su apoyo y sus conocimientos.

A todos los amigos, que supieron estar conmigo en los momentos más críticos con sus palabras de aliento.

Un agradecimiento especial para mi Director Coronel Ingeniero Juan Díaz y mi Codirector Ingeniero Pedro Merchán por los conocimientos transmitidos durante el proyecto.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1	1
GENERALIDADES.....	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 ANÁLISIS Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	3
1.3 OBJETIVOS.....	4
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	4
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
1.4 ALCANCE	5
1.5 JUSTIFICACIÓN.....	6
CAPÍTULO 2	7
MARCO TEÓRICO.	7
2.1 INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO	7
2.2 OBJETIVOS DE LA INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO	7
2.2.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	8
2.2.2 MANTENIMIENTO CORRECTIVO.....	9
2.2.3 MANTENIMIENTO PREDICTIVO.....	10
2.2.4 mantenimiento total productivo.....	11
2.3 CONFIABILIDAD DE EQUIPOS	13
2.4 DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS	14
2.5 MANTENIBILIDAD.....	15
2.6 SEGURIDAD FUNCIONAL	16
2.7 ADMINISTRACIÓN DE MANTENIMIENTO.....	16

2.8 Instrumentación y mediciones.....	23
2.9 PROCESOS DE PRODUCCIÓN DEL CEMENTO.....	24
2.9.1 obtención de materias primas.....	24
2.9.2 procesos de fabricación.....	25
2.10 Funcionamiento en detalle	28
2.10.1 funcionamiento del molino de crudo	29
2.10.2 funcionamiento del molino de cemento	32
CAPÍTULO 3.....	36
PROCESOS TECNOLÓGICOS DEL MANTENIMIENTO DEL MOLINO DE CRUDO Y DEL MOLINO DE CEMENTO.....	36
3.1 ANÁLISIS DE UNIDADES DEL MOLINO DE CRUDO.	36
3.1.1 UNIDAD DE POTENCIA.....	36
3.1.2 UNIDAD DE TRANSMISIÓN	38
3.1.3 UNIDAD DE TRABAJO	39
3.2 ANÁLISIS DE UNIDADES DEL MOLINO DE CEMENTO.....	49
3.2.1 UNIDAD DE POTENCIA.....	49
3.2.2 UNIDAD DE TRANSMISIÓN	50
3.2.3 UNIDAD DE TRABAJO	50
3.3 ANÁLISIS POR FALLA FUNCIONAL DEL MOLINO DE CRUDO ..	59
3.4 ANÁLISIS POR FALLA FUNCIONAL DEL MOLINO DE CEMENTO	59
3.5 ELABORACIÓN DE PROCEDIMIENTOS TECNOLÓGICOS.....	60
3.5.1 PROCEDIMIENTOS TECNOLÓGICOS para el MOLINO DE CRUDO.....	60

3.5.2	MATRIZ DE PROCEDIMIENTOS TECNOLÓGICOS para el MOLINO DE CEMENTO.....	61
	CAPÍTULO 4.....	62
	MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE SEGURIDAD FUNCIONAL.....	62
4.1	ANÁLISIS DE RIESGOS POR EQUIPO.....	62
4.1.1	MOLINO DE CRUDO	62
4.1.2	MOLINO DE CEMENTO.....	64
4.2	ANÁLISIS DE PRECAUCIONES POR EQUIPO.....	66
4.2.1	MOLINO DE CRUDO	66
4.2.2	MOLINO DE CEMENTO.....	69
4.3	MATRIZ DE RIESGOS Y PRECAUCIONES, SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL.....	71
4.4	CARTILLAS DE BLOQUEO DE EQUIPOS COMPONENTES DE LOS EQUIPOS.....	86
4.4.1	CARTILLA DE BLOQUEO MOLINO DE CRUDO 1.....	86
4.4.2	CARTILLA DE BLOQUEO MOLINO DE CEMENTO 1.....	87
	CAPÍTULO 5.....	88
	IMPLEMENTACIÓN Y VALIDACIÓN DE LOS PROCedimientos TECNOLÓGICOS DE MANTENIMIENTO Y SISTEMA DE SEGURIDAD FUNCIONAL.....	88
5.1	IMPLEMENTACIÓN DE LOS PROCESOS TECNOLÓGICOS DE MANTENIMIENTO.....	88
5.2	CAPACITACIÓN DEL PERSONAL:.....	88
5.3	confiabilidad	90
5.3.1	Confiabilidad Antes del proyecto	90

5.3.2	confiabilidad después del proyecto.....	92
5.4	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE SEGURIDAD FUNCIONAL OPTIMIZADO.	94
5.4.1	check list de seguridad funcional.....	94
5.5	EVALUACIÓN DE RESULTADOS CON OPERADORES Y TÉCNICOS DE MANTENIMIENTO.....	96
5.5.1	tiempos INHERENTES ANTES DEL PROYECTO.	96
5.5.2	tiempos INHERENTES DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN de LOS PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO	98
	CAPÍTULO 6.....	100
	ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO.....	100
6.1	Análisis económico	100
6.1.1	ANÁLISIS DE COSTOS directos.....	100
6.1.2	ANÁLISIS DE costos indirectos	102
6.2	Análisis financiero	102
6.2.1	Costos totales.....	102
6.2.2	TIR (tasa interna de retorno).....	103
6.2.3	Van (valor actual neto).....	104
	CAPÍTULO 7.....	105
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	105
7.1	CONCLUSIONES	105
7.2	RECOMENDACIONES	106
	BIBLIOGRAFÍA.....	109

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Tipos de Mantenimiento.....	8
Figura 2: Mantenimiento Total Productivo.....	13
Figura 3: Medidas de Mantenibilidad.	15
Figura 4: Diagrama Vertical de Personal de Mantenimiento.	20
Figura 5: Control del Mantenimiento	22
Figura 6: Diagrama de Control del Molino de Cemento	23
Figura 7: Diagrama de Control del Molino de Cemento	24
Figura 8: Molienda y Almacenaje de Materias Primas	26
Figura 9: Almacenamiento y Molienda de Cemento	27
Figura 10: Molino de Crudo.....	28
Figura 11: Levantamiento de los rodillos.....	29
Figura 12: Rodillos, Mesa de molienda y Corona de Alabes.....	30
Figura 13: Molino de Cemento.....	31
Figura 14: Movimiento Tipo Cascada.....	32
Figura 15: Compartimientos del Molino de Cemento	33
Figura 16: Ranuras del Tabique.....	34
Figura 17: Blindajes del Molino de Cemento.....	35
Figura 18: Unidad Motriz del Molino de Crudo	36
Figura 19: Motor y Reductor del Molino de Crudo	37
Figura 20: Unidad de Transmisión del Molino de Crudo	38
Figura 21: Caja de Engranajes del Molino de Crudo	39
Figura 22: Pista de Molienda del Molino de Crudo	40

Figura 23: Rodillos Moledores del Molino de Crudo	40
Figura 24: Corona de álabes del Molino de Crudo.....	41
Figura 25: Sistema Hidráulico del Molino de Crudo	42
Figura 26: Acumuladores del Molino de Crudo	42
Figura 27: Cilindro Hidráulico del Molino de Crudo	43
Figura 28: Acumulador del Molino de Crudo.....	44
Figura 29: Sistema de lubricación del Molino de Crudo	44
Figura 30: Spray de Agua del Molino de Crudo	45
Figura 31: Sistema de Alimentación de Carga y Descarga del Molino de Crudo.....	46
Figura 32: Válvula de Clapeta del Molino de Crudo.....	47
Figura 33: Separador Dinámico del Molino de Crudo	48
Figura 34: Sistema Motriz del Molino de Cemento	49
Figura 35: Reductor del Molino de Cemento.....	50
Figura 36: Sistema de Lubricación del Molino de Cemento.....	51
Figura 37: Circuito de Lubricación del Molino de Cemento.....	51
Figura 38: Cojinetes del Molino de Cemento.....	52
Figura 39: Rociadores de Agua del Molino de Cemento.....	52
Figura 40: Sistema de Agua del Molino de Cemento.....	53
Figura 41: Sistema de Alimentación de Carga y Descarga del Molino de Cemento	54
Figura 42: Chute de carga del Molino de Cemento.....	55
Figura 43: Tabique Separador del Molino de Cemento	55
Figura 44: Tipos de Blindajes del Molino de Cemento	56

Figura 45: Cámara interna con Cuerpos Moledores del Molino de Cemento	57
Figura 46: Chute de descarga del Molino de Cemento	58
Figura 47: Separador Estático del Molino de Cemento.....	58
Figura 48: Cartilla de Bloqueo del Molino de Crudo.....	86
Figura 49: Cartilla de Bloqueo del Molino de Cemento.....	87
Figura 50: Implementación de los Procedimientos de Mantenimiento.	88
Figura 51: Confiabilidad del Molino de Crudo antes del Proyecto.....	90
Figura 52: Confiabilidad del Molino de Cemento antes del Proyecto.....	91
Figura 53: Confiabilidad del Molino de Crudo después del Proyecto.....	92
Figura 54: Confiabilidad del Molino de Cemento después del Proyecto.	93

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de Procedimientos Tecnológicos para el Molino de Crudo.....	60
Tabla 2. Matriz de Procedimientos Tecnológicos para el Molino de Cemento.....	61
Tabla 3. Riesgos y Causas, Unidad de Potencia del Molino de Crudo.	62
Tabla 4. Riesgos y Causas, Unidad de Transmisión del Molino de Crudo.	62
Tabla 5. Riesgos y Causas, Unidad de Trabajo del Molino de Crudo.	63
Tabla 6. Riesgos y Causas, Unidad de Potencia del Molino de Cemento.	64
Tabla 7. Riesgos y Causas, Unidad de Transmisión del Molino de Cemento.....	64
Tabla 8. Riesgos y Causas, Unidad de Trabajo del Molino de Cemento. ..	65
Tabla 9. Precauciones en la Unidad de Potencia del Molino de Crudo.	66
Tabla 10. Precauciones en la Unidad de Transmisión del Molino de Crudo.....	67
Tabla 11. Precauciones en la Unidad de Trabajo del Molino de Crudo.	67
Tabla 12. Precauciones en la Unidad de Potencia del Molino de Cemento.....	69
Tabla 13. Precauciones Unidad de Transmisión del Molino de Cemento. .	70
Tabla 14. Precauciones en la Unidad de Trabajo del Molino de Cemento.	70
Tabla 15. Matriz de Riesgos de Seguridad y Salud Ocupacional.	71
Tabla 16. Confiabilidad del Molino de Crudo antes del proyecto.	90
Tabla 17. Confiabilidad del Molino de Cemento antes del proyecto.	91
Tabla 18. Confiabilidad del Molino de Crudo después del proyecto.	92

Tabla 19. Confiabilidad del Molino de Cemento después del proyecto.....	93
Tabla 20. Tiempos Inherentes antes del proyecto, Molino de Crudo.	96
Tabla 21. Tiempos Inherentes antes del proyecto, Molino de Cemento. ...	97
Tabla 22. Tiempos Inherentes después del proyecto, Molino de Crudo	98
Tabla 23. Tiempos Inherentes después del proyecto, Molino de Cemento	99
Tabla 24. Remuneración al estudiante.....	100
Tabla 25. Honorarios Profesionales.....	100
Tabla 26. Equipos de Seguridad Industrial y Métodos.....	101
Tabla 27. Misceláneos	101
Tabla 28. Análisis de Costos Directos.....	102
Tabla 29. Porcentajes de financiamientos	102
Tabla 30. Costos Totales del Proyecto.	102
Tabla 31. Ahorro mensual generado.....	103
Tabla 32. Flujo de Caja Mensual	104

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A: Análisis por falla Funcional Molino de Crudo.

ANEXO B: Análisis por falla Funcional Molino de Cemento.

ANEXO C: Procedimientos de Mantenimiento del Molino de Crudo.

ANEXO D: Procedimientos de Mantenimiento del Molino de Cemento.

ANEXO E: Checklist de Seguridad Funcional del Molino de Crudo.

ANEXO F: Checklist de Seguridad Funcional del Molino de Cemento.

RESUMEN

El presente proyecto de titulación define los procedimientos de trabajo que se implementan de manera obligatoria para el Molino de Cemento y Molino de Crudo de la planta productora de cemento LAFARGE, en Otavalo, que tienen una frecuencia de paradas obligatorias cada quince días, con un promedio de tiempo estimado de paro durante 8 horas, se utilizan métodos como levantamientos de equipos, procedimientos en campo y herramientas informáticas como un software especializado de mantenimiento, basado en hojas de cálculo de Excel. Mediante el conocimiento del funcionamiento de cada uno de los equipos se puede llegar a conocer que las caracterizaciones de los procedimientos de trabajo es incrementar la confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad de los equipos pertenecientes a los Molinos tanto de Crudo como de Cemento, y así reducir los tiempos empleados para el mantenimiento de los mismos. Los procedimientos de trabajo tienen una estructura que contempla trabajos y operaciones detalladas por equipo o elemento correspondiente a cualquiera de los molinos, basados en un análisis de falla funcional que abarca el análisis de riesgos y precauciones del funcionamiento que se deben tomar para cada uno de los sistemas que están en las unidades de cada equipo, cumpliendo estándares del Grupo LAFARGE para la adecuada planificación del Mantenimiento. Tanto para el Molino de Crudo como para el Molino de Cemento se establecen cartillas de bloqueo que aíslan cualquier tipo de Energía sea mecánica o eléctrica, los cuales se deben verificar antes de realizar cualquier tarea. Se deberá cumplir los requerimientos más altos de seguridad personal para cuidar al operador de cualquier riesgo.

PALABRAS CLAVES:

MOLINO DE CRUDO - MOLINO DE CEMENTO - PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO - CONFIABILIDAD - DISPONIBILIDAD.

ABSTRACT

The present degree project defines work procedures that are implemented in a mandatory way to the Cement Mill and Raw Mill on the Lafarge cement plant in Otavalo, having a frequency of mandatory stops every two weeks, averaging estimated unemployment over 8 hours, methods such as surveys of equipment, field procedures and tools as a specialized maintenance software based on Excel spreadsheets are used. By understanding the operation of each equipment can get to know the characterizations of work procedures to increase the reliability, maintainability and availability of equipment belonging to the Raw and Cement mills, thus reducing the times taken for the maintenance thereof. The working procedures have a structure that provides jobs and detailed equipment or relating to any of the mills, based on an analysis of functional failure analysis covering the operating risks and precautions to be taken element operations for each of the systems that are in the units of each equipment, Lafarge Group meeting standards for proper maintenance planning. For Raw Mill and the Cement Mill block primers that isolate any type of energy is mechanical or electrical set, which must be verified before performing any task. They must meet the highest requirements of security personnel to care for the operator of any risks in such a way that risks are discussed in each team globally.

KEYWORDS:

RAW MILL - CEMENT MILL - WORK PROCEDURES - RELIABILITY - AVAILABILITY.

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES

En Diciembre de 2004, el Grupo Lafarge adquirió la empresa Cementos Selva Alegre S.A., otorgándole una nueva visión al integrarla al grupo de materiales de construcción más grande a escala mundial.

En Ecuador, Lafarge Cementos S.A. cuenta con oficinas centrales en Quito y una planta con dos líneas de cemento ubicada en el kilómetro 13 1/2 vía a Perugachi en Otavalo, provincia de Imbabura.

Actualmente cuenta con una capacidad nominal anual de producción de 1'600.000 Toneladas métricas de cemento con productos que incluye:

Selvalegre Plus, experto para trabajos convencionales. 468370 Tm.

Selvalegre Anti-Humedad, experto para climas húmedos 315400 Tm.

Armadero, experto para prefabricados 278990 Tm.

Campeón, experto para uso general 537240 Tm

En la actualidad la productividad de la planta productora de cemento es medida por la eficiencia de sus hornos que alcanza un máximo del 98,8%.

VISIÓN 2015

Lafarge, líder mundial en materiales de construcción, forja materiales provenientes de la tierra para dar forma al mundo que nos rodea.

El líder indiscutible de los materiales de construcción

Presente en 64 países, el Grupo responde a la demanda mundial de infraestructura e inmobiliaria.

Lafarge es impulsada por las necesidades de sus clientes, accionistas, comunidades locales y arquitectos.

El Grupo, a nivel mundial, crea soluciones de alto valor agregado, las cuales promueven la creatividad y dejan un rastro más liviano en el mundo que nos rodea.

Lafarge aspira a convertirse en líder indiscutible del sector de los materiales de construcción apoyados en valores fundamentales: el respeto, la atención y la excelencia.

MISIÓN

Operar la planta con un alto performance, a un bajo costo, calidad requerida y comprometidos con el desarrollo de las personas, la seguridad, el medio ambiente y la armonía con los vecinos.

VALORES

Sólidos Valores: respeto, atención, rigor.

Valores esenciales guían el desarrollo de Lafarge:

- Integridad.
- Ética.
- Valentía.
- Empatía.
- Transparencia.
- Compromiso.

POLÍTICAS DE CALIDAD

Excelencia en nuestro trabajo

Para Lafarge, la excelencia es su principal palanca del éxito. La filosofía de gestión, denominada Lafarge Way (la manera Lafarge), permite a las personas desarrollar su talento en una cultura orientada al rendimiento.

Lafarge Way se apoya en tres pilares:

- Contribución al éxito de nuestros colaboradores.
- Enfoque en la mejora continua de rendimiento.
- Organización "multilocal"

1.2 ANÁLISIS Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En LAFARGE existen dos equipos de Molienda, Molino de Crudo y Molino de Cemento, que son fundamentales en el proceso de la producción de cemento, los equipos engloban sistemas y subsistemas en los cuales se necesitan realizar un mantenimiento óptimo, tratando de reducir los tiempos de paradas de los equipos, de tal forma que la producción sea lo más uniforme posible y que sus indicadores como la Confiabilidad, Disponibilidad, Mantenibilidad y Seguridad no sean menores al 96%, dicho mantenimiento involucra que se desarrollen para las paradas un sistema de seguridad funcional basado en los procesos tecnológicos.

ANÁLISIS DEL PROBLEMA

Los Molinos de Crudo y de Cemento tienen una frecuencia de parada obligatoria quincenal, durante una jornada promedio de 8 horas, tiempo en el cual se deben realizar procedimiento de mantenimiento preventivo y correctivo para su óptimo funcionamiento, por ende se requiere optimizar los tiempos de reparación, al hacer que todas las actividades programadas se cumplan para

una puesta en marcha rápida, de tal manera que la confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad de los equipos mejore.

Los Procesos Tecnológicos son una herramienta mediante la cual se puede conseguir una alta eficiencia en cada parada, con una adecuada planificación y administración de las operaciones de mantenimiento para cada sistema y subsistema del equipo que está detenido, los procesos tecnológicos optimizan los recursos como; materiales, tiempo de mano de obra e identificación de partes y piezas. Mediante el análisis minucioso del historial, manuales y esquemas de un equipo se puede llegar a determinar las operaciones adecuadas para el mantenimiento del elemento requerido de un sistema o subsistema perteneciente a un equipo.

Las inspecciones son el apoyo tanto de los Procesos Tecnológicos, como de los Sistemas de Seguridad Funcional, por ende la relación entre estos dos es directa y consecutiva.

Mediante un Software de apoyo, LAFARGE maneja y administra su planificación de toda su planta productora de cemento, por lo cual la prioridad es realizar un Plan de Seguridad Funcional para los molinos cuando estén en parada, tomando como base los Procesos Tecnológicos para el mantenimiento de los molinos de crudo y de cemento.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un Sistema de Seguridad Funcional para evitar/reducir el riesgo de accidentes e incrementar el RAMS, basados en los procesos tecnológicos del Mantenimiento, para los Molinos de Crudo y de Cemento, de la Planta Productora de Cementos Lafarge.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Analizar del funcionamiento y operación de los Molinos de Crudo y de cemento.

Identificar las posibles fallas funcionales y acciones mecánicas a partir de la operación de los equipos y programas de mantenimiento.

Diseñar e Implementar los procesos tecnológicos del mantenimiento, mediante el trabajo en conjunto con las diferentes áreas involucradas.

Identificar y describir; los riesgos y peligros en cada proceso tecnológico del Mantenimiento.

Analizar, mejorar y optimizar los Sistemas de Seguridad Funcional para el mantenimiento de los diferentes equipos, basado en los procedimientos de trabajo.

Diseñar un plan de Seguridad Funcional tanto para el Molino de Cemento como para el Molino de Crudo, para las paradas programadas y no programadas de Mantenimiento.

Implementar los Sistemas de Seguridad Funcional para los procedimientos tecnológicos de mantenimiento, en el molino de crudo y molino de cemento.

Validar los resultados por medio de operadores y técnicos de mantenimiento.

1.4 ALCANCE

Procedimientos tecnológicos cargados en la base de datos, del software de mantenimiento de la Planta productora de cemento, a entera satisfacción del personal de Mantenimiento Mecánico.

1.5 JUSTIFICACIÓN

El proyecto, “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SEGURIDAD FUNCIONAL BASADO EN EL PROCESO TECNOLÓGICO DEL MANTENIMIENTO DEL MOLINO DE CRUDO Y DEL MOLINO DE CEMENTO DE LAFARGE EN OTAVALO PARA OBTENER UN ALTO R.A.M.S”, tendrá una incidencia directa en los operadores y ayudantes que realizan las tareas programadas de mantenimiento, por lo tanto, al tener los procesos tecnológicos y el sistema de seguridad funcional, los operadores y ayudantes tendrán la facilidad de realizar su trabajo de manera eficiente, disminuyendo los tiempos de trabajo en los equipos para su mantenimiento, lo que significará que se aumente la Confiabilidad del Equipo.

Viabilidad Técnica

Se cuenta con el acceso directo a la planta, con el monitoreo y visualización de la confiabilidad de los equipos, enrutamiento a la base de datos del software de mantenimiento, se cuenta con catálogos.

Viabilidad Económica

Todos los gastos de mano de obra, transporte, reparaciones, implementación y añadidos que aparezcan durante el proyecto son cubiertos por el grupo Lafarge.

Viabilidad Ecológica

Se disminuye la emisión de gases que se producen por el proceso de fabricación del cemento.

Viabilidad de Seguridad

Se disminuyen los riesgos en los que un operador se pueda involucrar, cuidando siempre el factor humano.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO.

2.1 INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO

CONCEPTO

La ingeniería del mantenimiento es la parte de la ingeniería dedicada al estudio y desarrollo de técnicas que faciliten o mejoren el mantenimiento de una instalación, que puede ser una planta industrial, un edificio, una infraestructura, etc. (RENOVETEC 2008)

La Ingeniería de Mantenimiento se basa en el control constante de las instalaciones, componentes y equipos, así como del conjunto de trabajos de inspección, revisión y reparación, necesarios para garantizar el funcionamiento regular y el buen estado de conservación de un sistema.

Producción y Mantenimiento deben estar al mismo nivel, para que la política de mantenimiento sea racional.

La necesidad de la unidad “ingeniería de mantenimiento”, separada de la ejecución, permite atender el día a día sin descuidar la preparación de los trabajos futuros, analizar los resultados para conocer su evolución y, en definitiva, atender adecuadamente los aspectos de gestión sin la presión a que habitualmente se encuentran sometidos los responsables de ejecución.

2.2 OBJETIVOS DE LA INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO

- Evitar, reducir y en su caso, reparar los fallos.

- Disminuir la gravedad de los fallos que no se puedan evitar.
- Evitar detenciones inútiles o paros innecesarios de equipos.
- Evitar accidentes.
- Conservar los equipos en condiciones seguras de operación.
- Reducir costes.
- Prolongar la vida útil de los equipos.

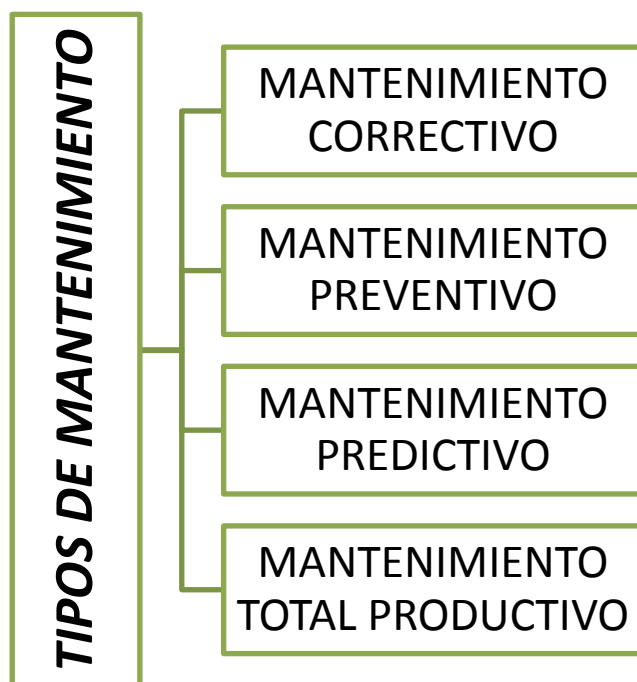


Figura 1: Tipos de Mantenimiento, (Pilares del Mantenimiento, LAFARGE 2013)

2.2.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Concepto

Son intervenciones que se realizan de forma periódica en un sistema o subsistema, con la finalidad de optimizar su funcionamiento y evitar paradas imprevistas, mediante la prevención de fallas.

Ventajas

- Importante reducción de paradas imprevistas en equipos o sus partes.

- Solo es adecuado cuando, por la naturaleza del equipo, existe una cierta relación entre probabilidad de fallos y duración de vida.

Inconvenientes

- No se aprovecha la vida útil completa del equipo.
- Aumenta el gasto y disminuye la disponibilidad si no se elige convenientemente la frecuencia de las acciones preventivas.
- Se puede incurrir en gastos innecesarios.

Aplicaciones

- Equipos de naturaleza mecánica o electromecánica sometidos a desgaste seguro.
- Equipos cuya relación fallo-duración de vida es bien conocida.
- Planificación
- Definir los elementos objeto de mantenimiento.
- Establecer la vida útil.
- Determinar los trabajos a realizar en cada caso
- Agrupar temporalmente los trabajos.

2.2.2 MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Concepto

Es la corrección de averías o fallas, que se presentan o están por presentarse en un equipo. Este mantenimiento puede ser de contingencia; que es cuando se produce el fallo, o programable; en el cual por planificación se decide cuando reparar el fallo. La parte se sustituye o repara, para devolverle a su funcionamiento habitual.

Ventajas

- No se requiere una gran infraestructura técnica ni elevada capacidad de análisis.

- Máximo aprovechamiento de la vida útil de los equipos.

Inconvenientes

- Las averías se presentan de forma imprevista lo que origina trastornos a la producción.
- Riesgo de fallos de elementos difíciles de adquirir, lo que implica la necesidad de un “stock” de repuestos importante.
- Baja calidad del mantenimiento como consecuencia del poco tiempo disponible para reparar.

Aplicaciones

- Cuando el coste total de las paradas ocasionadas sea menor que el coste total de las acciones preventivas.
- Esto sólo se da en sistemas secundarios cuya avería no afectan de forma importante a la producción.
- Estadísticamente resulta ser el aplicado en mayor proporción en la mayoría de las industrias.
- Planificación
- El fallo puede aparecer en el momento más inoportuno.
- Fallos no detectados a tiempo pueden causar daños irreparables.
- Gran capital en piezas de repuestos.

2.2.3 MANTENIMIENTO PREDICTIVO

Concepto

Es una técnica para pronosticar el punto futuro de una avería o falla en un componente de un equipo, de tal manera que dicho componente pueda reemplazarse en base a un plan, se lo realiza en base al monitoreo del componente o equipo, por ende se asegura la disponibilidad y el rendimiento del componente o equipo.

Ventajas

- Determinación óptima del tiempo para realizar el mantenimiento preventivo.
- Monitoreo sin interrupción del funcionamiento normal de equipos e instalaciones.
- Mejora el conocimiento y el control del estado técnico de los equipos.

Inconvenientes

- Requiere personal mejor formado e instrumentación de análisis costosa.
- No es viable una monitorización de todos los parámetros funcionales significativos, por lo que pueden presentarse averías no detectadas por el programa de vigilancia.
- Se pueden presentar averías en el intervalo de tiempo comprendido entre dos inspecciones consecutivas.

Aplicaciones

- Equipos con elementos de rotación que esté funcionando todo el tiempo y no tenga paradas programadas.
- Equipos de alto costo que requieran precisión en su trabajo.
- Equipos que requieran menor desgaste de sus componentes para evitar paradas no programadas.
- Equipos que tengan variación de factores constantemente, y que puedan afectar sus componentes.

2.2.4 MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO

Concepto

Es un sistema que garantiza la efectividad del funcionamiento de los equipos, cuya meta es obtener cero pérdidas, a nivel de todos los departamentos se organiza la participación activa de todo el personal de los

diferentes escalones, aplicando mejoras enfocadas, mantenimiento autónomo y la prevención del mantenimiento.

Ventajas

- Reducción de los costes.
- Mejora de los tiempos de respuesta, fiabilidad de suministros, el conocimiento que poseen las personas.
- Aumenta la calidad de los productos y servicios finales.
- Es un sistema orientado a lograr:
 - Cero accidentes.
 - Cero defectos.
 - Cero averías.
 - Cero defectos.

Inconvenientes

- Implementación del sistema lenta y costosa.
- Se requiere evaluaciones constantes para observar el cambio programado.
- Se necesita tiempo para capacitaciones y reuniones periódicas, que permitan evaluar los indicadores.

Aplicaciones

- Acciones de mantenimiento en todas las etapas de vida útil de los equipos.
- Amplia participación de todo el personal en el desarrollo.
- Aumenta el control estadístico y por ende la durabilidad de los equipos

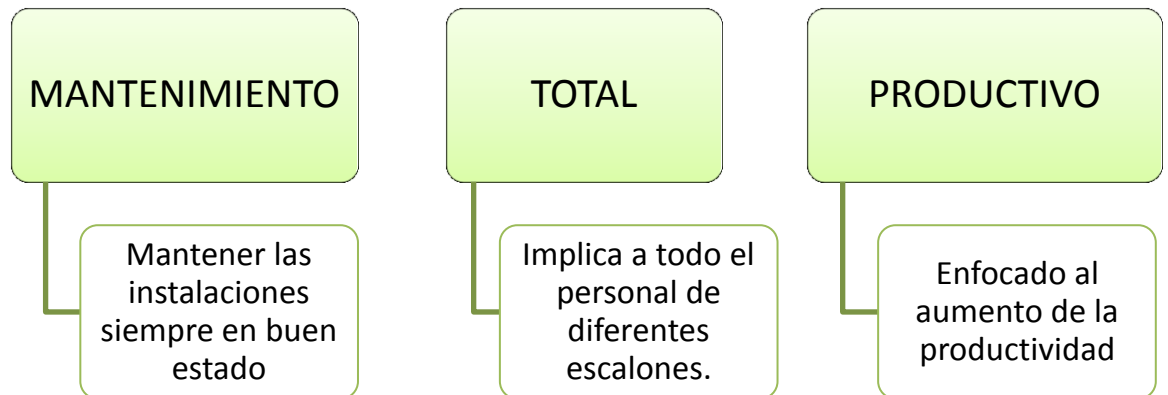


Figura 2: Mantenimiento Total Productivo

2.3 CONFIABILIDAD DE EQUIPOS

La CONFIABILIDAD de un Equipo es la probabilidad de que un equipo funcione adecuadamente durante un periodo determinado bajo condiciones operativas específicas sin fallar.

Variables:

- R: Reliability (Confiabilidad).
- TO: Tiempo de Operación del Equipo.
- TD: Tiempo Disponible del Equipo.
- TPi: Tiempo de Paradas Incidentales.
- TPc: Tiempo de Paradas Circunstanciales.
- TPp: Tiempo de Paradas Programadas.
- MTBF: Tiempo medio entre Fallas.
- FU: Factor de Utilización
- DM: Días del mes.

$$TO = (\text{Número de días de operación} \times 24 \text{ Horas}) - TPc - TPp = DM \times 24h \times FU$$

Fórmula LAFARGE Cementos

$$R = \frac{TO}{TO + TPi} \times 100$$

Fórmula TEÓRICA

$$R = e^{-\frac{\text{tiempo}}{MTBF}}$$

2.4 DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS

La Disponibilidad es la probabilidad de un equipo o elemento de estar en funcionamiento o listo para funcionar en el momento requerido. El equipo o elemento no debe tener fallos, en caso de haber sufrido fallas, deben ser reparados en un tiempo menor al que se permite para su mantenimiento.

- A: Disponibilidad del elemento o equipo.
- MTBF: Tiempo Medio Entre Fallas.
- MTTR: Tiempo Medio de Reparación.
- MTBM: Tiempo Medio entre Mantenimientos.
- MTM: Tiempo Medio en Mantenimiento
- \bar{M} : Tiempo Medio Promedio entre MTM y MTBM.

DISPONIBILIDAD LAFARGE

$$A = \frac{\textit{Tiempo total en condiciones de servicio}}{\textit{Tiempo total del intervalo analizado}}$$

DISPONIBILIDAD INHERENTE (AI)

$$A_i = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

DISPONIBILIDAD TOTAL

$$A_t = \frac{MTBM}{MTBM + \bar{M}}$$

DISPONIBILIDAD OPERACIONAL

$$A_o = \frac{MTBM}{MTBM + MTM} \times 100\%$$

2.5 MANTENIBILIDAD

La Mantenibilidad se puede definir como la expectativa que se tiene de que un equipo o sistema pueda ser colocado en condiciones de operación dentro de un periodo de tiempo establecido, cuando la acción de mantenimiento es ejecutada de acuerdo con procedimientos prescritos.

M: Mantenibilidad

MTTR: Mean Time to Repair. Tiempo Medio de Reparación.

t: Tiempo de evaluación

$$u = \frac{1}{MTTR}$$

$$M = 1 - e^{-ut}$$

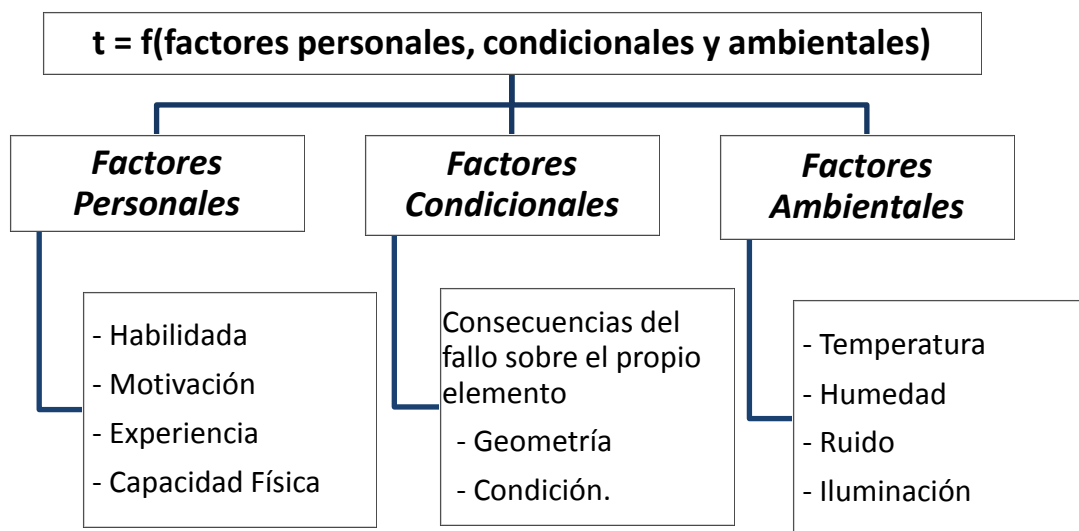


Figura 3: Medidas de Mantenibilidad.

2.6 SEGURIDAD FUNCIONAL

La Seguridad Funcional involucra la monitorización del equipo, de tal manera que aumenta su confiabilidad, llegando a que el funcionamiento seguro del equipo no se vea comprometido.

Un sistema de este tipo implementa las funciones de seguridad necesarias para detectar situaciones de peligro y para que el funcionamiento tenga lugar dentro de los límites de seguridad.

La monitorización del sistema de seguridad engloba aspectos como la velocidad de la máquina, la dirección del giro, temperatura de trabajo, presión, la parada o el estado de reposo. Al ejecutar una función de seguridad, el sistema detecta dicha desviación y devuelve la máquina al estado de funcionamiento seguro mediante, por ejemplo, una parada segura.

Cualquier fallo en el sistema de seguridad incrementará automáticamente los riesgos inherentes al funcionamiento de la máquina. (Seguridad y Seguridad Funcional, Guía General ABB).

2.7 ADMINISTRACIÓN DE MANTENIMIENTO

PLANEACIÓN DEL MANTENIMIENTO

Planificar es decidir con anticipación el qué se va a hacer, el cómo se va a hacer, cuándo se va a hacer, y quién debe hacer. Esto con el fin de contribuir al logro de los objetivos de la organización, considerando su visión y seleccionando estrategias a seguir. Es la base para poder llevar a cabo las acciones de mantenimiento, sin importar de que tipo sea el mismo, y así mejorar y tener de una manera ordenada los pasos a seguir, para que se cumpla el trabajo en sinergia.

La planificación se realiza a través de la jerarquización de planes como propósitos objetivos, estrategias, políticas, procedimientos, reglas, programas, presupuestos, entre otros.

PROCESO DE PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO.

- Determinar los objetivos.
- Determinar los recursos necesarios y la cantidad suficiente a utilizar.
- Tiempo en el que se usarán los recursos.
- Determinar el tiempo en el cual se usarán los equipos.
- Emitir órdenes por escrito que permitan el uso de los recursos, en los tiempos estipulados.
- Hacer seguimiento y control de los recursos y actividades para verificar que sean utilizados tal como fueron planificadas.
- Estudiar los resultados de este procedimiento para aplicar acciones correctivas y superar las deficiencias.
- Estrategias para eliminar radicalmente averías e incidencias en equipos industriales
- Estudio del modelo de Mantenimiento Excelente
- Diagnóstico del punto de partida para mejorar las operaciones de mantenimiento
- Organización y desarrollo del pilar Mantenimiento Planificado
- Principios fundamentales de gestión de averías
- Auditorias de progreso
- Estandarización del trabajo de mantenimiento
- Hacer el perfil de los recursos humanos y tecnológicos que se requieren para el funcionamiento óptimo de la organización
- Definición de las técnicas de Mantenimiento.

LA PLANIFICACIÓN SE PUEDE DIVIDIR EN:

- Planificación de desarrollo (a largo plazo, desarrollo de la empresa).
- Planificación a mediano plazo (Plan anual).

- Planificación y programación a corto plazo.
- Programación (distribución ordenada de actividades y recursos desde diaria hasta anual).

NOCIONES BÁSICAS PARA LA PLANIFICACIÓN:

- Fomentar el trabajo en equipo.
- Evitar la creación de hombres indispensables.
- Procurar la actualización, comunicación en cascada y evitar vicios de trabajadores.
- Distribuir equitativamente la carga de trabajo

ORGANIZACIÓN DE MANTENIMIENTO

Depende de múltiples factores, los más importantes son:

- Tamaño de la empresa.
- Ubicación física.
- Productos y procesos.
- Desarrollo tecnológico.
- Disponibilidad de recursos.
- Entre otros.

Si bien no existe un modelo único de organización que sirva a todas las empresas, obliga a cada una a desarrollar su propia organización, la cual debe permitir el cumplimiento de los objetivos fijados por gerencia.

- Maximizar la disponibilidad de maquinarias y equipos para la producción y siempre estén aptos y en condición de operación inmediata.
- Establecer relaciones de beneficio mutuo garantizando y mejorando los procesos de la Organización.
- Verificar el cumplimiento de los estándares de calidad / requisitos requeridos.
- Establecer relaciones de beneficio mutuo garantizando y mejorando

Las distintas funciones pueden incluso, recaer en un grupo reducido. En este caso se requiere de un organigrama muy sencillo respetando siempre que el área de mantenimiento tenga el mismo nivel y relación con el área de producción y calidad; por cuanto esa estructura es la que permitirá un desarrollo más eficiente de los procesos con un mínimo de costos y rechazos.

Es indispensable contar con un organigrama funcional donde exista un gerente de mantenimiento que deberá contemplar la totalidad de actividades bajo su responsabilidad buscando su desempeño eficiente, eficaz y al menor costo.

Para diseñar estructura en mantenimiento se debe:

- Determinar la responsabilidad, autoridad y el rol de cada persona involucrada en el Área de Mantenimiento.
- Establecer las relaciones verticales y horizontales entre todas las personas,
- Asegurar que el objetivo de mantenimiento ha sido interpretado y entendido por todos.
- Establecer sistemas efectivos de coordinación y comunicación entre las personas.
- Establecer sistemas efectivos de coordinación y comunicación entre las personas.

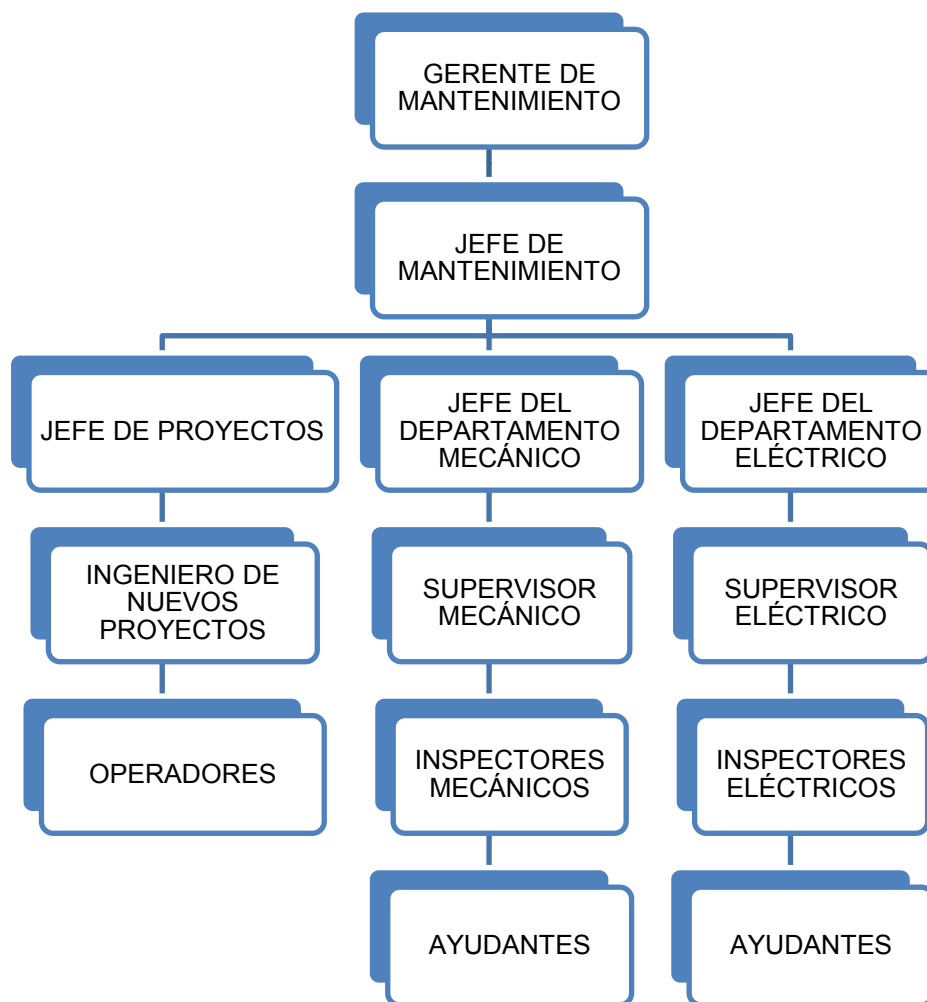


Figura 4: Diagrama Vertical de Personal de Mantenimiento.

DIRECCIÓN Y EJECUCIÓN DEL MANTENIMIENTO

Mediante la dirección se logra la adecuada ejecución y la realización de las tareas, es decir esta fase es la que se encarga de conducir y hacer que los programas se lleven a cabo, con la organización estructurada mediante los

elementos integrados. Esta fase se sintetiza en la pregunta: ¿cómo se van a conducir las operaciones?

Esta es la única fase que no comprende etapas específicas a seguir en un orden secuencial, pero se debe tener en cuenta que para dirigir es necesario saber:

- Mandar.
- Delegar.
- Informar o comunicar.
- Motivar.
- Revisar y supervisar.
- Controlar adecuadamente.

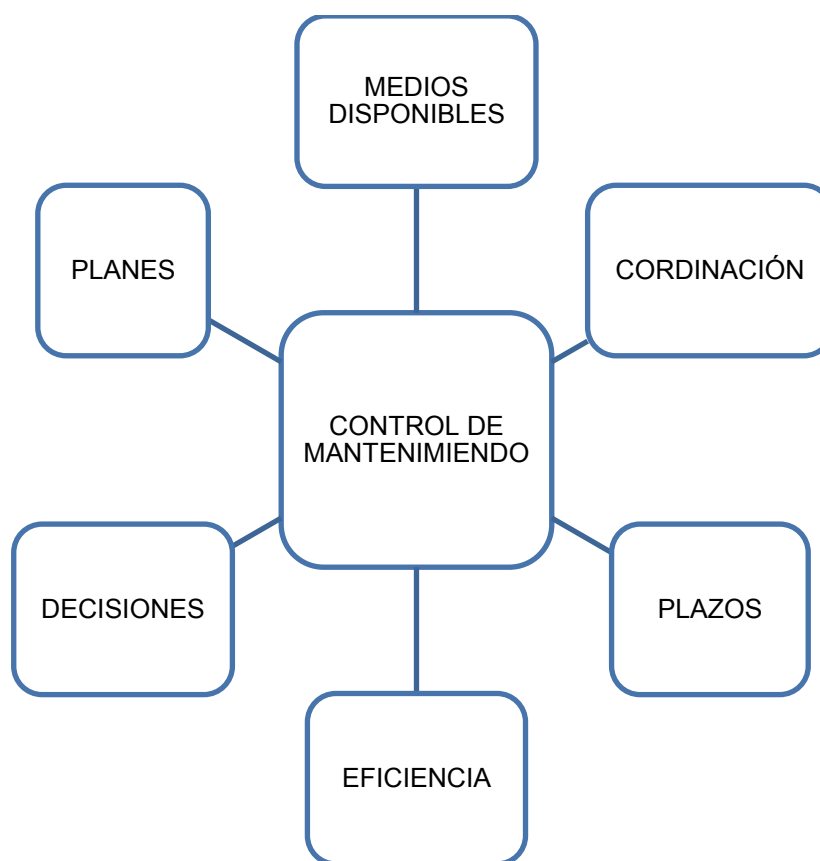
CONTROL DE MANTENIMIENTO

Consiste en medir resultados y verificar con respecto a las especificaciones. Según la situación, puede realizarse con todo el resultado o solo sobre muestras tomadas frecuentemente. Este segundo caso se denomina el control estadístico de procesos. Las premisas de análisis en el control de procesos, son:

- La calidad medida de un resultado de un proceso siempre está sujeto a una cierta cantidad de verificación debido al azar.
- Un sistema estable de causas aleatorias siempre se presenta en cualquier método de producción y en la realización de pruebas de calidad.
- La variación dentro del sistema productivo es inevitable, por ellos la variación asignable se debe a detectar y eliminar.

ELEMENTOS RELACIONADOS CON EL CONCEPTO DE CONTROL:

- Relación con lo planteado: Siempre existe para verificar el logro de los objetivos que se establecen en la planificación.
- Medición: Para controlar es imprescindible medir y cuantificar los resultados.
- Detectar desviaciones: Una de las funciones inherentes al control, es descubrir las diferencias que se presentan entre la ejecución y la planificación.
- Establecer medidas correctivas: El objeto del control es prever y corregir los errores.

**Figura 5:** Control del Mantenimiento

REQUISITOS DE UN BUEN CONTROL:

- Corrección de fallas y errores: El control debe detectar e indicar errores de planeación, organización o dirección.
- Previsión de fallas o errores futuros: el control, al detectar e indicar errores actuales, debe prevenir errores futuros, ya sean de planeación, organización o dirección.

2.8 INSTRUMENTACIÓN Y MEDICIONES

CONTROL EN EL MOLINO VERTICAL DE CRUDO

La molienda en Molino de Bolas es un proceso que demanda el consumo de mucha energía y la aplicación de un control del proceso para cumplir con el aumento de la demanda por conseguir una producción máxima con un mínimo consumo de energía, a la vez se puede reducir al mínimo a las variaciones de calidad.

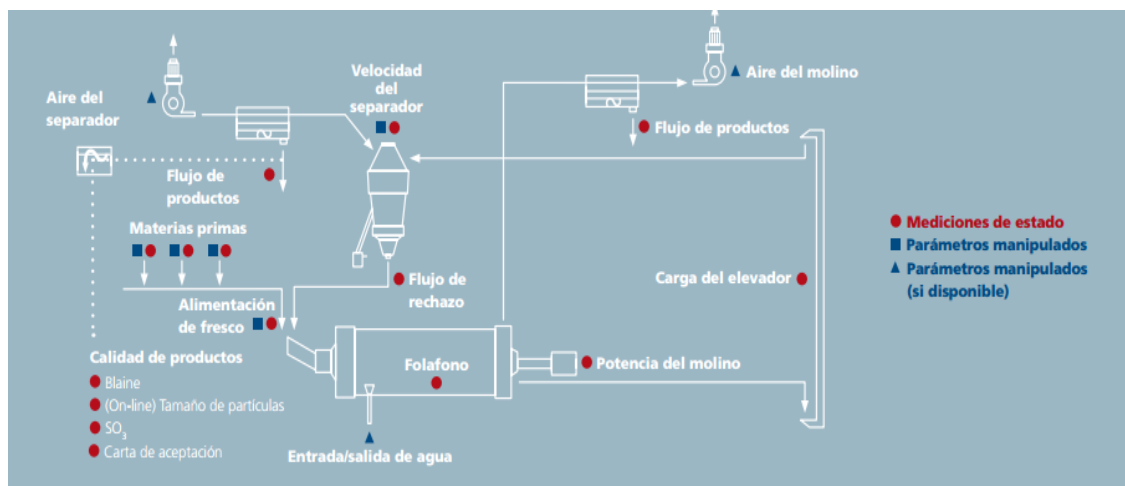


Figura 6: Diagrama de Control del Molino de Cemento

CONTROL EN EL MOLINO DE BOLAS DE CEMENTO

Los molinos de rodillos verticales se utilizan cada vez más en la industria cementera por su mayor eficiencia. El control totalmente automático del molino vertical mejora las capacidades operativas y la eficiencia del molino.

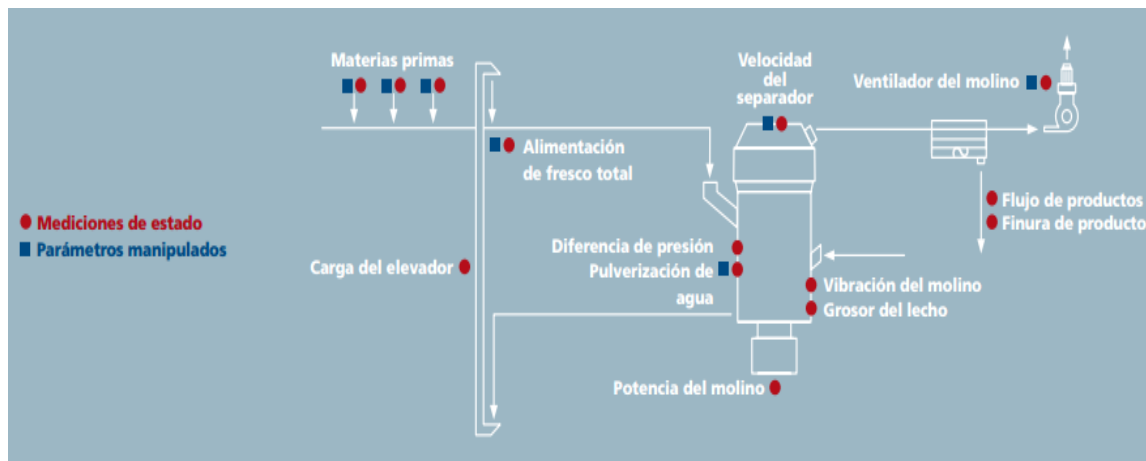


Figura 7: Diagrama de Control del Molino de Cemento

2.9 PROCESOS DE PRODUCCIÓN DEL CEMENTO

2.9.1 OBTENCIÓN DE MATERIAS PRIMAS

Las materias primas necesarias para la producción de cemento carbonato cálcico, sílice, alúmina y mineral de hierro- se extraen normalmente de la roca caliza, la creta, la pizarra arcillosa o de la arcilla. Pueden encontrarse reservas adecuadas en la mayoría de los países.

Todas estas materias primas se extraen de las canteras mediante voladuras y otros sistemas.

Caliza

Se encuentra en las capas superficiales de muchos cerros y montañas, en depósitos de profundidad variable, los hay de más de 200 metros. Debido a su dureza se extrae de las canteras con el empleo de explosivos.

Pizarra

Se les llama "pizarra" a las arcillas constituidas principalmente por óxidos de silicio, aluminio y hierro.

La pizarra representa aproximadamente un 15% de la materia prima que formará el Clinker.

Sílice

Eventualmente se agregan arenas sílicas que contienen de 75% a 90% de sílice, para obtener el óxido de silicio requerido en la mezcla cruda.

Hematita

Al material que aporta mineral de hierro se le llama 'hematita', aunque pueden ser diversos minerales de fierro o escoria de laminación. Con estos minerales se controla el contenido de óxido férrico de la mezcla.

Yeso

El yeso natural se extrae de minas que son al aire libre o subterráneo, utilizando máquinas perforadoras especiales y explosiones controladas no contaminantes.

2.9.2 PROCESOS DE FABRICACIÓN

2.9.2.1 EXTRACCIÓN DE MATERIAS PRIMAS:

Las materias primas que se necesitan para fabricar el cemento son caliza y arcilla. La roca que se extrae de la cantera mediante voladuras controladas, se transporta hasta una línea de pre-trituración y luego hasta la planta de cemento, a través de volquetas y cintas transportadoras.

2.9.2.2 MOLIENDA Y ALMACENAJE DE MATERIAS PRIMAS:

Los minerales de la cantera se transportan hasta el proceso de trituración, donde son sometidos a una molienda inicial antes de ser reducidos a polvo fino.

Las materias primas (80% caliza y 20% arcilla) son almacenadas, posteriormente en la nave de pre-homogeneización, esta mezcla se denomina “mezcla cruda”

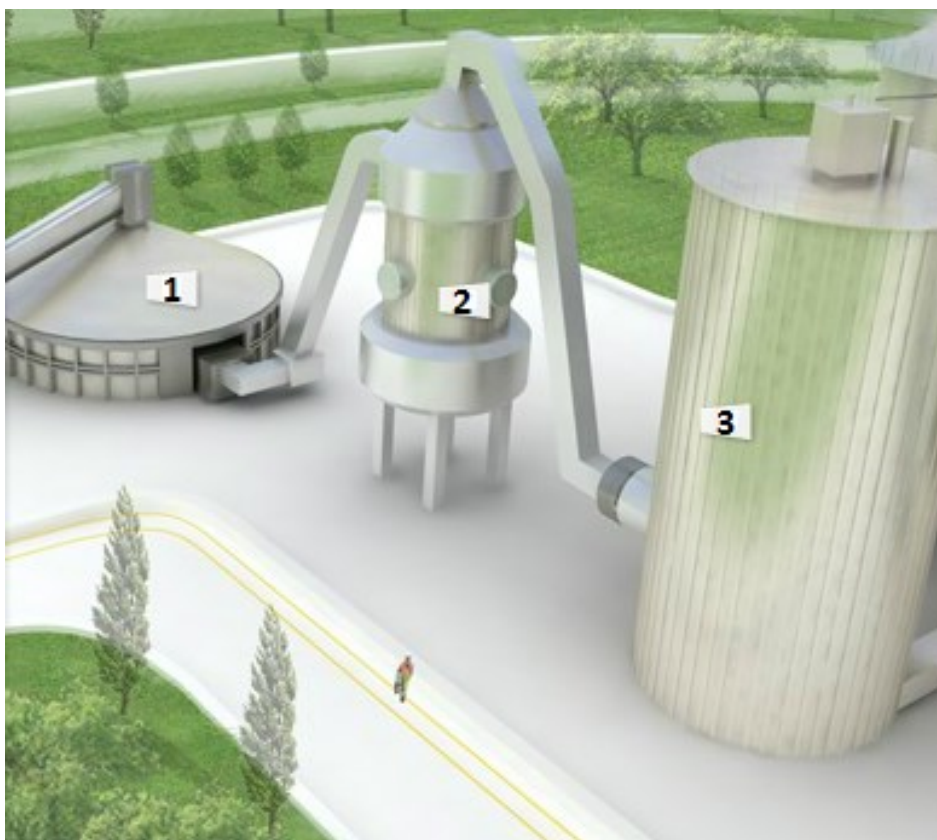


Figura 8: Molienda y Almacenaje de Materias Primas

1.- Nave de Pre-homogeneización. 2.- Molino vertical de Crudo. 3.- Silo de almacenamiento de crudo.

2.9.2.3 PROCESO DE QUEMADO DE LAS MATERIAS PRIMAS:

La mezcla de materias primas se alimenta a una torre de precalentamiento a 800°C antes de ingresar al horno rotatorio, en el cual la mezcla es calentada hasta 1450°C. La combustión genera una reacción química denominada des-carbonatación, que libera el CO₂ que contiene la piedra caliza. Los materiales quemados adoptan la forma de gránulos duros denominados Clinker, al obtener

este último al final del horno rotatorio se continúa con un proceso de enfriamiento.

2.9.2.4 ALMACENAMIENTO Y MOLIENDA DE CEMENTO

Después del enfriamiento, el Clinker es almacenado en silos y, posteriormente, transformado en cemento, de acuerdo con los requisitos de producción. Durante la etapa final de producción se añade una pequeña cantidad de yeso (3 – 5) % al Clinker para posteriormente volver a mezclar y obtener “cemento puro”

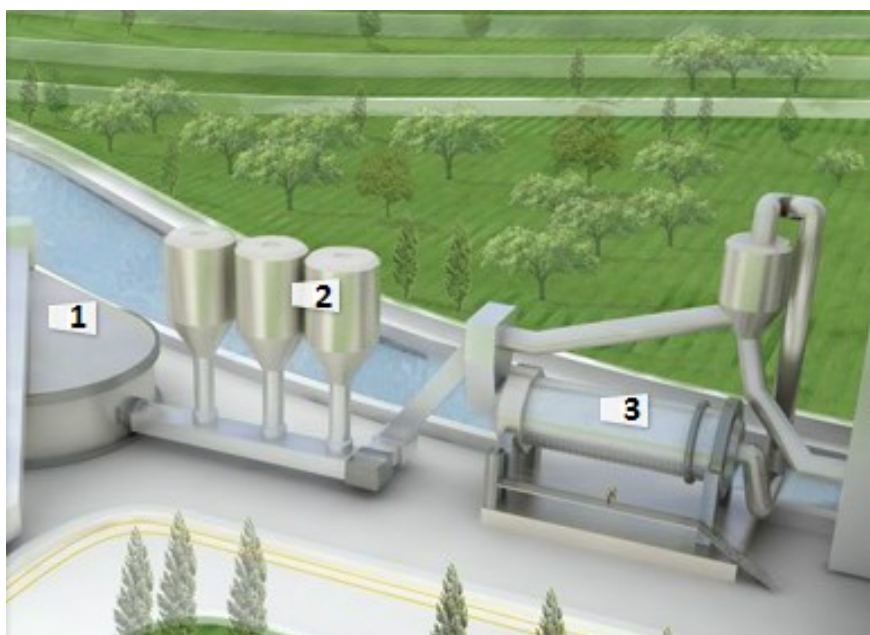


Figura 9: Almacenamiento y Molienda de Cemento

1.- Silo de Clinker. 2.- Silos de Yeso. 3.- Cemento de Bolas.

2.9.2.5 EMBALAJE Y ENVÍO:

El cemento se almacena en silos antes de ser entregado, su despacho se lo puede hacer a granel, utilizando camiones cisternas, o en sacos de 50 [kg]

2.10 FUNCIONAMIENTO EN DETALLE



Figura 10: Molino de Crudo

- | | |
|---------------------------------------|--|
| 1.- Válvula de Clapetas. | 12.- Separador. |
| 2.- Ducto de Rechazo material grueso. | 13.- Cono de Recirculación. |
| 3.- Plato giratorio de Molienda. | 14.- Ducto de material de salida. |
| 4.- Rodillos de Molienda. | 15.- Reductor vertical. |
| 5.- Balancín. | 16.- Motor Eléctrico. |
| 6.- Palanca. | 17.- Material de rechazo. |
| 7.- Sistema hidráulico. | 18.- Ducto de Material de rechazo. |
| 8.- Acumuladores de vejiga. | 19.- Planchas protectoras sistemas de transmisión. |
| 9.- Tope. | 20.- Estructura base |
| 10.- Corona. | |
| 11.- Corriente de gas caliente. | |

2.10.1 FUNCIONAMIENTO DEL MOLINO DE CRUDO

El material de alimentación se suministra al molino mediante una válvula de clapetas, por un tubo de bajada sobre el centro del plato giratorio de molienda. Las partículas magnetizables se separan magnéticamente del material de alimentación antes la válvula y se retiran por un chute de desviación. El material de molienda se desplaza sobre el plato de molino bajo el efecto de la fuerza centrífuga hasta el borde del plato y llega de este modo bajo los rodillos de molienda, que están suspendidos de forma hidroneumática. Estos trituran el material de molienda.

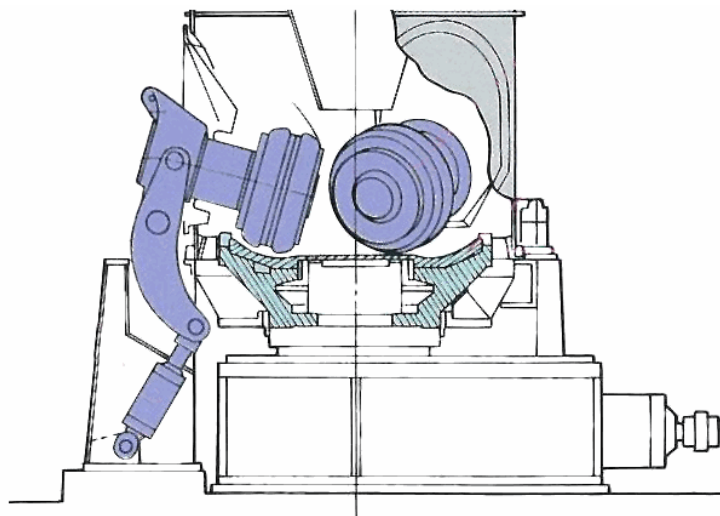


Figura 11: Levantamiento de los rodillos.

Los rodillos se elevan al rodar sobre el lecho de material. De este modo se desvía la unidad funcional del rodillo (4), balancín (5), palanca (6) y pistones del cilindro de cilindro de sistema hidráulico (7). El pistón elimina el aceite de la cámara superior del cilindro en acumuladores de vejiga (8) lleno de gas. El aceite contenido en la cámara superior del cilindro es transferido a los acumuladores de vejiga. Las vejigas de goma llenas de nitrógeno de los acumuladores se comprimen y funcionan como resortes de gas. El tope (9) evita el contacto entre rodillo de molienda y pista. El material molido por los rodillos M

sale despedido por la rotación del plato hacia afuera. En la zona de la corona de álabes (10), que rodea el plato de molienda (3), la corriente de gas caliente (11) dirigida hacia arriba recoge la mezcla de material y lo transporta hasta el separador (12), conforme a su regulación, rechaza el material grueso. Este cae en la recirculación interna (13) sobre el plato de molienda (3) para volver a ser aplastado por los rodillos. El producto terminado pasa el separador y abandona el molino con la corriente de gas (14). Durante la molienda la cámara del molino alcanza una temperatura de 80°C a 130°C como máximo.

El molino se acciona mediante un motor eléctrico (16) por un reductor vertical (15). No son necesarios motores con un par de arranque alto. Un cojinete de empuje en la parte superior del reductor absorbe las fuerzas del rodillo. Antes del arranque del accionamiento del molino, los rodillos de molienda se levantan hidráulicamente del plato del molino. Para ello, la presión de aceite en el cilíndrico hidráulico se invierte el lado opuesto por el lado del sistema hidráulico. De este modo el molino puede arrancar en vacío o en lleno con un par de arranque mínimo, con casi el 40% del par de funcionamiento. Gracias al tope y a la elevación de los rodillos de molienda tampoco se produce ningún contacto metálico entre los elementos de molienda.

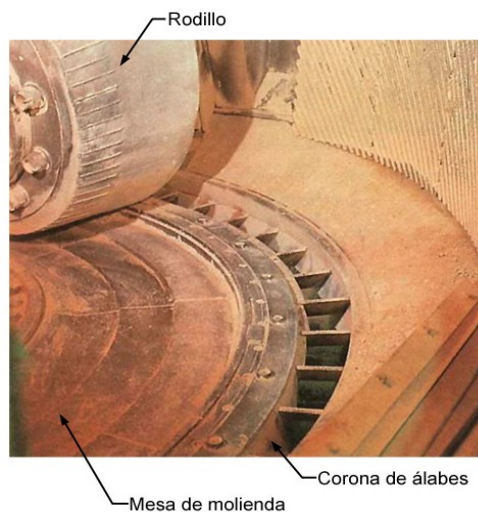


Figura 12: Rodillos, Mesa de molienda y Corona de Alabes.

Las piezas de molienda sometidas al desgaste, como son las camisas de rodillos como son las camisas de rodillos y segmentos del plato (pista de molienda) se pueden cambiar rápidamente de modo sencillo.

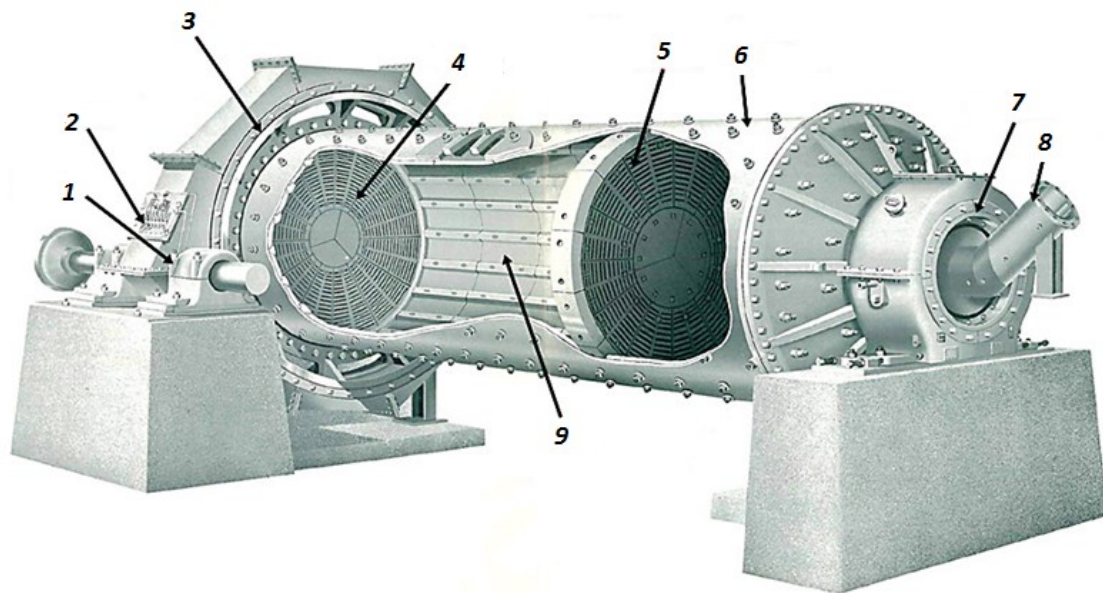


Figura 13: Molino de Cemento

- 1.- Piñón
- 2.- Reductor
- 3.- Corona dentada
- 4.- Tabique descarga final
- 5.- Tabique separador
- 6.- Virola
- 7.- Cojinete
- 8.- Alimentación
- 9.- Blindaje

2.10.2 FUNCIONAMIENTO DEL MOLINO DE CEMENTO

El molino de bolas está formado por un cuerpo cilíndrico de eje horizontal (6), que en su interior cuenta con cuerpos moledores sueltos dispuestos a lo largo del eje, este gira gracias a que posee una corona dentada (3), la cual está acoplada a un piñón (2) que se acciona por un motor (1) generalmente eléctrico que proporciona al molino una velocidad de 10 rpm.

Los cuerpos moledores, en este caso bolas, se elevan rodando por las paredes del cilindro o blindajes (9) hasta una cierta altura, y luego caen efectuando un movimiento que se denomina “de cascada”.

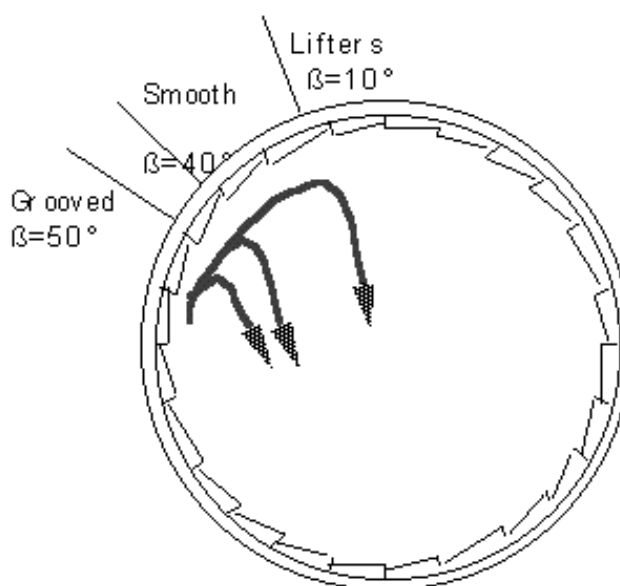


Figura 14: Movimiento Tipo Cascada

La rotura del material que se encuentra en el interior del cuerpo del cilindro y en contacto con las bolas, se produce por frotamiento (entre bolas y superficie del cilindro, o solamente entre bolas), y por percusión (consecuencia de la caída de las barras desde cierta altura).

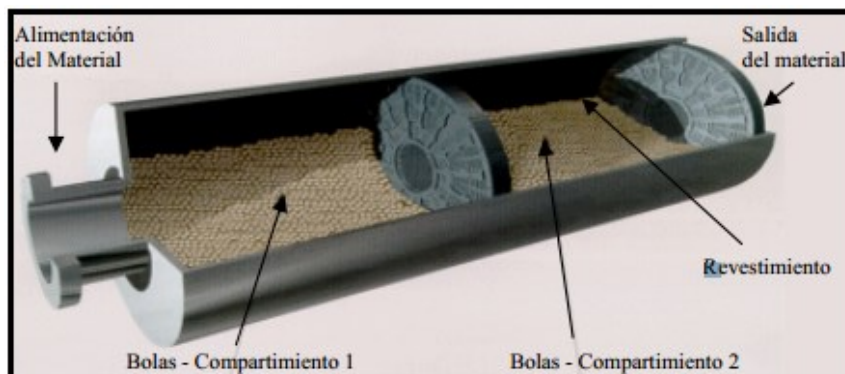


Figura 15: Compartimientos del Molino de Cemento

El molino de bolas funciona entre 35% a 45% de nivel de llenado y su medio de molienda está constituido por bolas de acero forjado.

Su principal característica es que permite pulverizar material más fino, esto es debido a que las bolas presentan más superficie de contacto con el material lo que permite alcanzar con mayor facilidad partículas más finas.

Para molienda del compartimiento 1, se emplean bolas de 50mm a 100mm y para molienda del compartimiento 2, bolas de 20mm a 50mm.

2.10.2.1 FUNCIONES PRINCIPALES DE LOS COMPONENTES DEL MOLINO DE CEMENTO

VIROLA

Define los límites del molino, no tiene función alguna sobre el aspecto de molienda.

REVESTIMIENTO DE LA VIROLA

Objeto, reforzar la virola del molino, tiene efectos secundarios sobre la función molienda, soportar el golpeo y roce de los cuerpos moledores

REJILLAS DE VENTILACION

Permiten el flujo de los gases dentro del molino.

DUCTOS DE ALIMENTACIÓN

El objetivo, es facilitar la entrada de aire fresco, esto permitirá un enfriamiento eficiente del producto por aire y no por inyección de agua.

ANILLOS DE RETENCIÓN

Su función principal es elevar el nivel de material, frenando con ello el flujo libre. Incrementando el tiempo de residencia del material en el recinto de molienda.

TABIQUES O DIAFRAGMAS:

Los tabiques intermedios; dividen el recinto de molienda en tantas cámaras como sean necesario.

Mantiene una separación entre la molienda fina y la molienda gruesa.

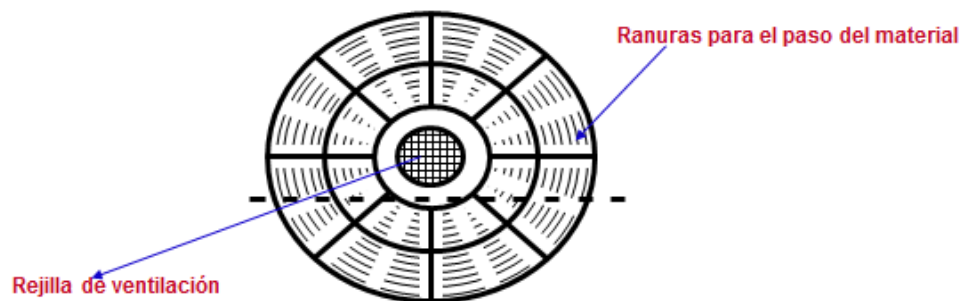


Figura 16: Ranuras del Tabique

Los tabiques de salida, evitan que los cuerpos molidores salgan del recinto de molienda.

Su función principal, es subdividir en varias cámaras el molino, donde cada una cumple una función determinada en el proceso de molienda.

Otra función, primordial para el proceso de molienda, es la de impedir el paso de partícula sobredimensionadas a la cámara próxima.

BLINDAJES

La elección del perfil de los blindajes en las cámaras de molienda es fundamental para asegurar una correcta clasificación de los cuerpos moledores.

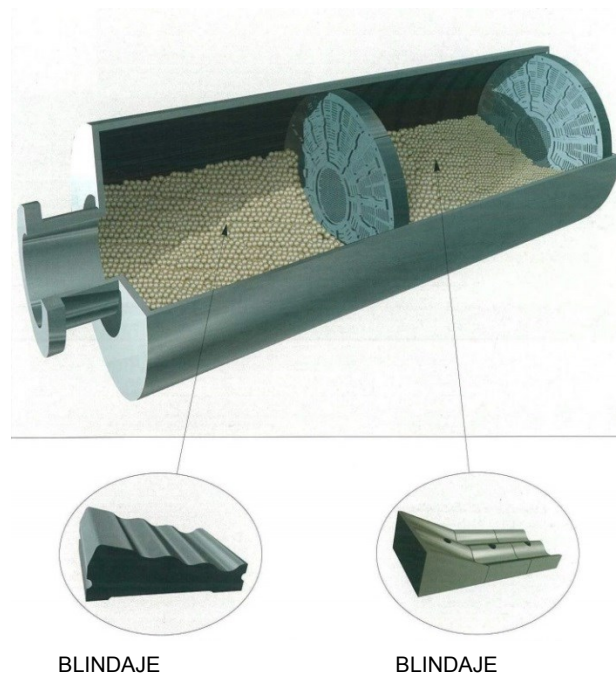


Figura 17: Blindajes del Molino de Cemento

Blindaje Levantador:

Su principal función es levantar las bolas en el compartimiento 1, donde se efectúa la primera molienda de material grueso.

Blindaje Clasificador:

Se lo utiliza en el compartimiento 2, donde se logra obtener polvos finos.

CAPÍTULO 3

PROCESOS TECNOLÓGICOS DEL MANTENIMIENTO DEL MOLINO DE CRUDO Y DEL MOLINO DE CEMENTO

3.1 ANÁLISIS DE UNIDADES DEL MOLINO DE CRUDO.

3.1.1 UNIDAD DE POTENCIA

3.1.1.1 UNIDAD MOTRIZ

La unidad transforma energía eléctrica de 440V en energía potencial está compuesta por:

- Motor Eléctrico.
- Acople Manual
- Tablero de Control.

El principal problema que se presenta en esta unidad, tiene que ver con el desgaste excesivo de elementos que componen los diferentes equipos.



Figura 18: Unidad Motriz del Molino de Crudo

El motor, a través de un acople manual se une a una caja reductora, que transforma el movimiento de giro horizontal en vertical, mediante dos engranes cónicos y un juego de engranes rectos, para transmitir la potencia a la pista de molienda.

MOTOR:

El equipo que se encarga de transformar la energía eléctrica en potencial, el motor posee las siguientes características:

- Motor asíncrono trifásico de anillos rozantes.
- Solidez mecánica.
- Rigidez dieléctrica uniforme.
- Alta capacidad térmica.
- Aislamiento para protección de la humedad y al aceite.

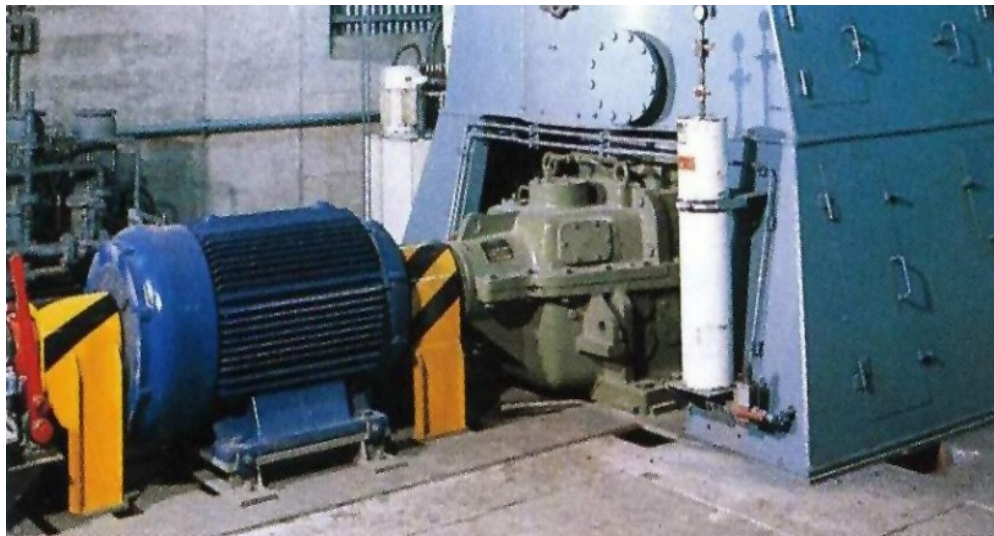


Figura 19: Motor y Reductor del Molino de Crudo

Se suelen utilizar motores de bajo par de arranque, y no es necesario el uso de un motor auxiliar.

3.1.2 UNIDAD DE TRANSMISIÓN

ACOPLE MANUAL:

La principal función del acople manual, es desconectar el motor de la caja de reducción para el mantenimiento de las partes, de tal manera que se pueda analizar el funcionamiento del motor tanto en vacío como con carga.



Figura 20: Unidad de Transmisión del Molino de Crudo

El acople manual, es un sistema de dentado, que permite conectar el eje motriz del motor con la caja de reducción, mediante una palanca que se acciona de forma manual.

REDUCTOR:

Posee juegos de engranes en distintas configuraciones:

Engranés Cónicos: Hacen que el giro se transforme de horizontal a vertical, con el mismo número de revoluciones.

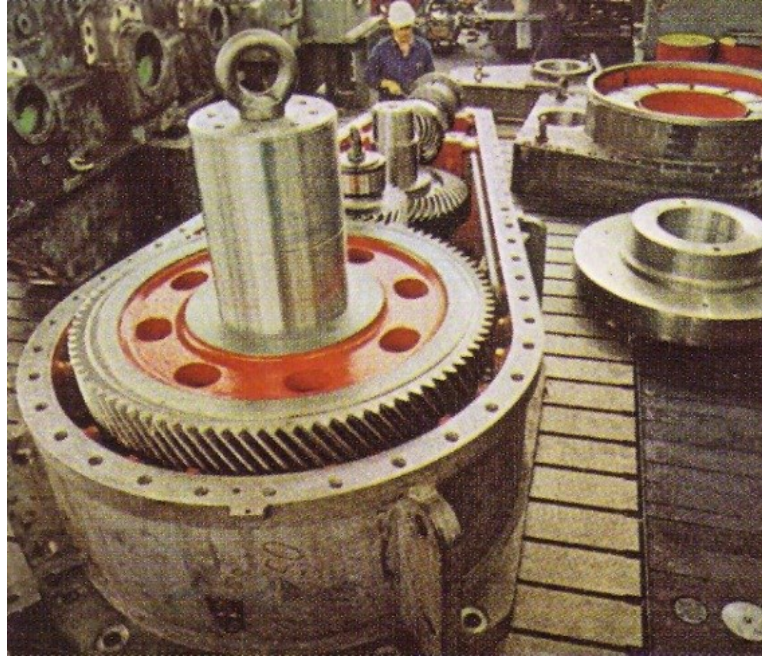


Figura 21: Caja de Engranajes del Molino de Crudo

Engranés Helicoidales:

Presentan configuraciones para alcanzar una reducción de 1750 revoluciones por minuto a 10.7 revoluciones por minuto, aumentando el torque.

3.1.3 UNIDAD DE TRABAJO

SISTEMA DE MOLIENDA

PISTA DE MOLIENDA:

Esta pista posee su propio sistema de elevación para su extracción, la pista de molienda contiene guías sobre las cuales van los rodillos moledores, dichas

pistas por la abrasión del material se desgastan, por lo cual se debe fabricar una nueva pista de molienda.



Figura 22: Pista de Molienda del Molino de Crudo

RODILLOS MOLEDORES:

Los rodillos se elevan, para permitir las operaciones de mantenimiento, por lo cual, se necesita un cilindro hidráulico secundario que ayuda a la extracción de los cilindros del interior del molino.

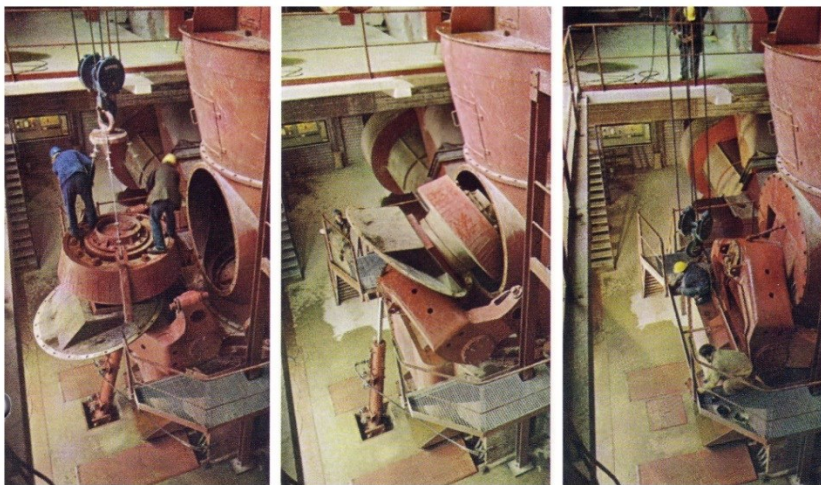


Figura 23: Rodillos Moledores del Molino de Crudo

CORONA DE ALABES:

La fuerza centrífuga y la presión de los rodillos arrastran el material fuera de la mesa de molienda hacia la corona de álabes. La corona de álabes dirige el flujo de aire y gases, que se encarga de elevar el material molido hacia el separador.

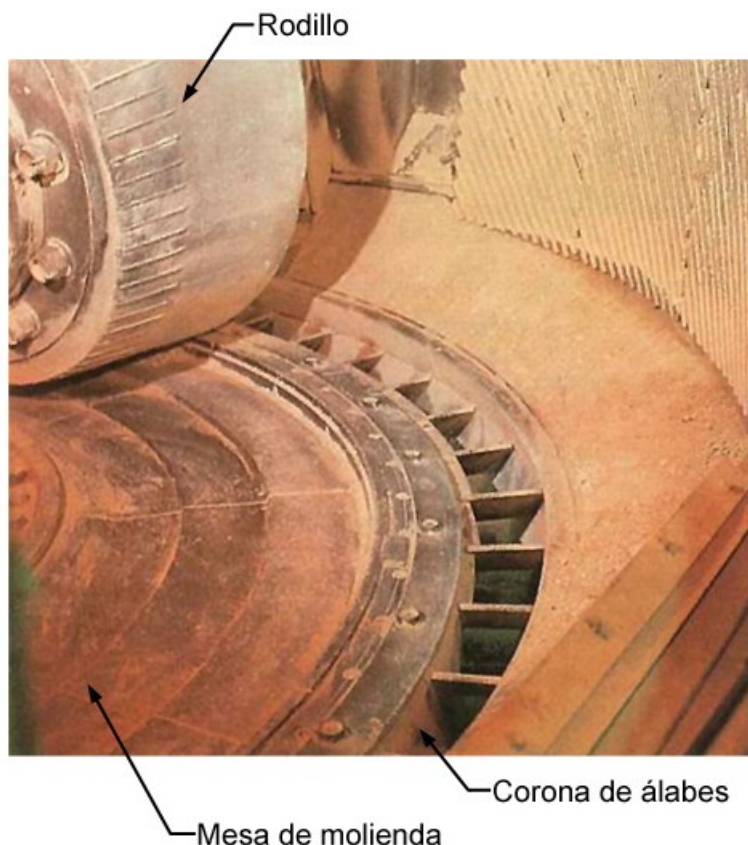


Figura 24: Corona de álabes del Molino de Crudo

SISTEMA HIDRÁULICO

Para el arranque y parada del molino es posible levantar los rodillos hidráulicamente de la mesa de molienda. Éstos no se levantan simultáneamente sino uno a continuación de otro.

Para evitar el arranque de los rodillos sobre una mesa de molienda casi vacía, durante el descenso de los rodillos se conecta el alimentador mediante un mecanismo temporizador.

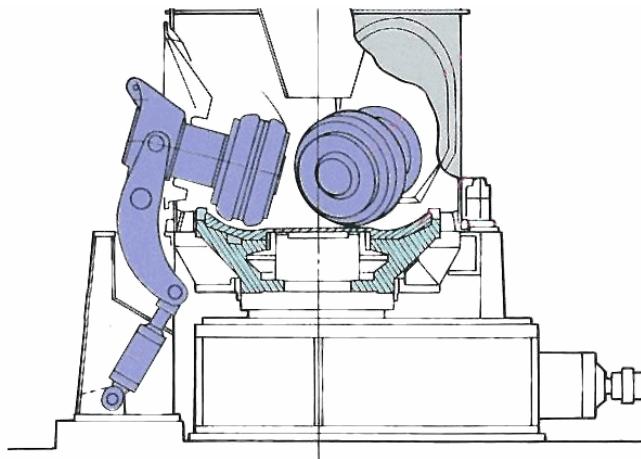


Figura 25: Sistema Hidráulico del Molino de Crudo

Normalmente sólo se arranca el molino en estado vacío cuando se trata de una primera puesta en servicio o cuando es puesto en marcha de nuevo tras una reparación.

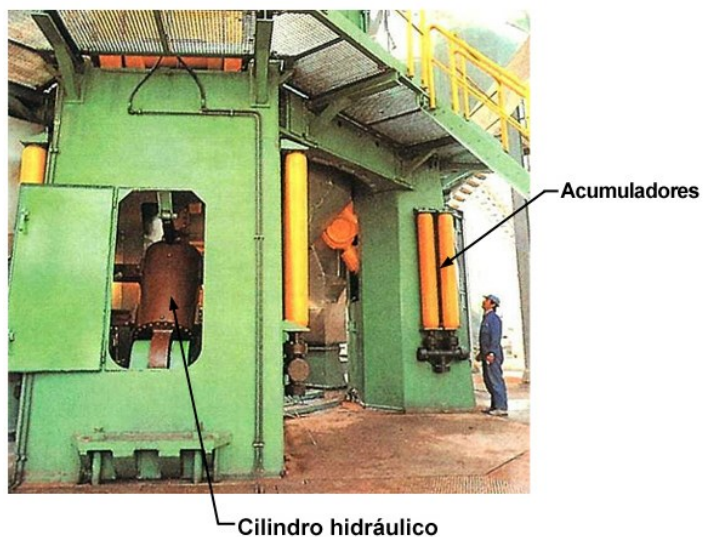


Figura 26: Acumuladores del Molino de Crudo

El grupo hidráulico permite mantener de forma constante la presión de trabajo de los rodillos, así como elevarlos de forma automática para facilitar el arranque.

Los acumuladores absorben la energía del sistema hidráulico cuando este tiene una sobrecarga producto de la molienda, es un sistema cargado de un gas compresible que por lo general es nitrógeno.

Los problemas que se presentan son:

- Deterioro de anillos retenedores.
- Deterioro de mangueras del circuito hidráulico.
- Descarga de nitrógeno de los acumuladores.
- Desgaste de pines.
- Desgaste de felpas y sellos de gases.

CILINDROS HIDRÁULICOS:

La fuerza de molienda se consigue mediante cilindros hidráulicos.

Éstos van provistos de acumuladores para amortiguar los golpes de presión, actuando como muelles de gas, cada cilindro hidráulico está presionado contra el lecho por una barra tensora.



Figura 27: Cilindro Hidráulico del Molino de Crudo

ACUMULADORES:

Los acumuladores absorben las variaciones de presión, producidas por material con excesiva granulometría, o variantes como velocidades de entrada de material o de giro de la pista de molienda.



Figura 28: Acumulador del Molino de Crudo

SISTEMA DE LUBRICACIÓN

El sistema de lubricación tiene como principal función hacer que el aceite circule en los rodamientos del sistema de balancín de los rodillos y del separador.

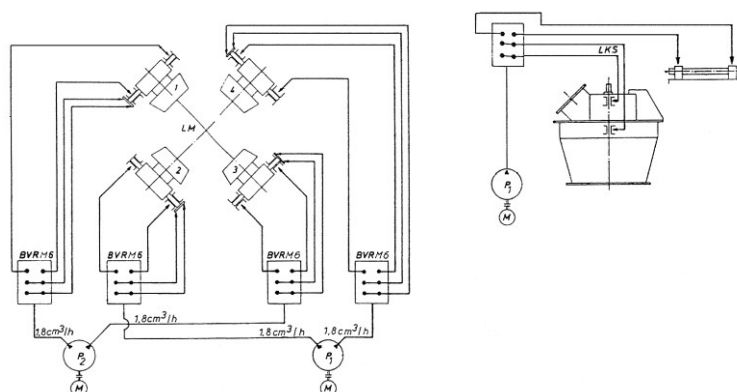


Figura 29: Sistema de lubricación del Molino de Crudo

Se tiene dos bombas de engranes, la primera circula el aceite en las ruedas 1 y 2 del Molino de Crudo, y la segunda, circula el aceite en la rueda 3 y en el separador. Ambas bombas hacen que el aceite circule con un caudal de $1.8 \text{ cm}^3/\text{min}$.

Los principales problemas son:

- Pérdida de viscosidad de aceite.
- Desgaste de anillos de retención.

SISTEMA DE AGUA

Se tiene un sistema de agua en el molino de crudo, para que el polvo producido por la manipulación del material se asiente sobre la pista de molienda, por ende existen 3 sprays de agua, uno junto a cada rodillo del molino, dichos elementos están ubicados después de que el rodillo realiza la molienda.



Figura 30: Spray de Agua del Molino de Crudo

Los sprays de agua están protegidos por una carcasa de acero, realizadas con planchas de $\frac{1}{4}$ de pulgada, debido a que el crudo es un material abrasivo, por lo cual los problemas que se presenta son:

- Deterioro de carcasa de sprays de agua (3)
- Deterioro de boquillas de sprays de agua (3)
- Deterioro de anillos de retención en tuberías.

SISTEMA DE ALIMENTACIÓN Y DESCARGA DE MATERIAL

La pista de molienda es alimentada por una válvula de clapeta, que dosifica el material, controlando así el flujo de material a ser molido.

Luego de pasar por la válvula de clapetas llega a la pista de molienda mediante un ducto de alimentación, conocidos como chute de alimentación, los cuales están elaborados en planchas de $\frac{1}{4}$ de pulgada en acero ASTM A36.

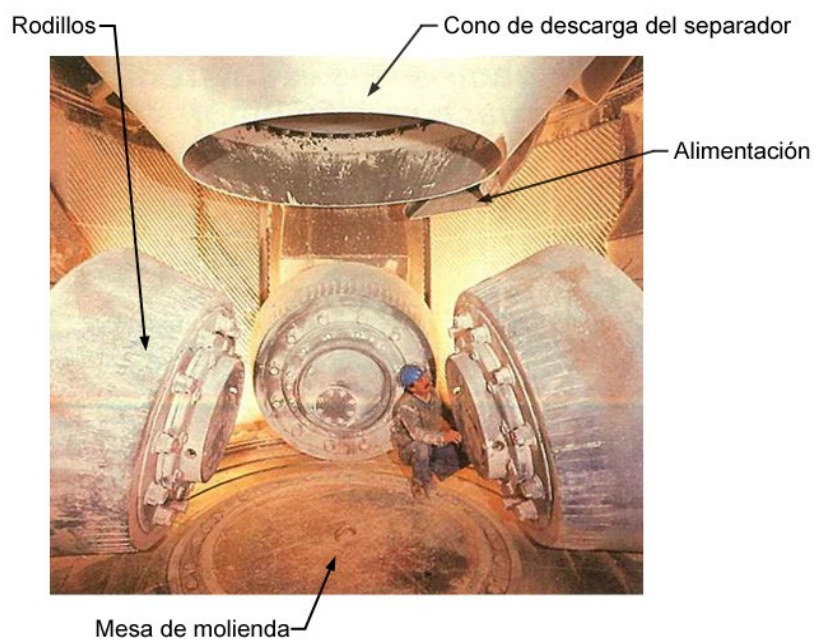


Figura 31: Sistema de Alimentación de Carga y Descarga del Molino de Crudo

Luego de que la molienda se realizó, el polvo fino se absorbe mediante un separador, el cual posee un cono de descarga de material, también realizado en planchas de $\frac{1}{4}$ de pulgada de acero ASTM A36, por lo cual dicho cono está sometido a la abrasión producto del material molido.

Los principales problemas que se presentan son:

- Desgaste de chute de alimentación.
- Desgaste de cono de descarga del separador.
- Desgaste de clapetas de válvula.

VÁLVULA DE CLAPETA:

Evita la infiltración de aire en el interior del molino, mediante una tolva de carga que gira lentamente, para reducir el desgaste producido por el material abrasivo, la velocidad tangencial es mínima y la carga de llenado es limitada el 40%, unos listones evitan que haya en la placa de desgaste de la carcasa.



Figura 32: Válvula de Clapeta del Molino de Crudo

CHUTE DE CARGA:

Luego de que el material es dosificado por la válvula de clapeta, sigue por ductos elaborados en planchas de acero ASTM A36, con lo cual cae hacia la pista de molienda para ser triturado y convertido en material particulado, no tiene forma específica, por ende lo primordial es que este chute no posea fugas de material.

CHUTE DE DESCARGA:

El chute de descarga absorbe el material particulado mediante un separador, por lo cual dicho chute se encuentra en el centro del molino, y por el proceso de trituración absorbe el impacto de material abrasivo, es un cono conformado por planchas de $\frac{1}{2}$ pulgada de espesor en acero ASTM A36.

SEPARADOR:

El separador consta de un rotor de paletas accionado a velocidad variable, Este accionamiento puede realizarse mediante un variador de frecuencia.

La principal función del separador es clasificar el material fino y particulado, del material grueso, haciendo que este último tenga un reproceso.

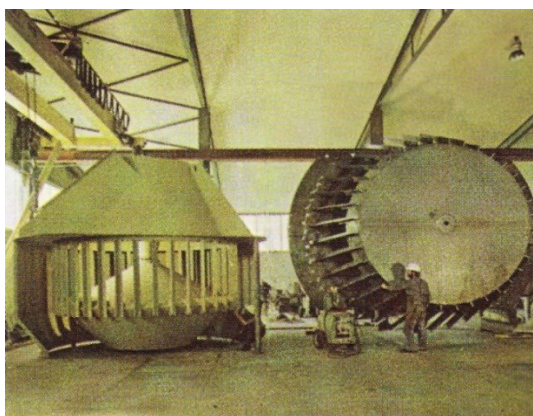


Figura 33: Separador Dinámico del Molino de Crudo

3.2 ANÁLISIS DE UNIDADES DEL MOLINO DE CEMENTO

3.2.1 UNIDAD DE POTENCIA

SISTEMA MOTRIZ

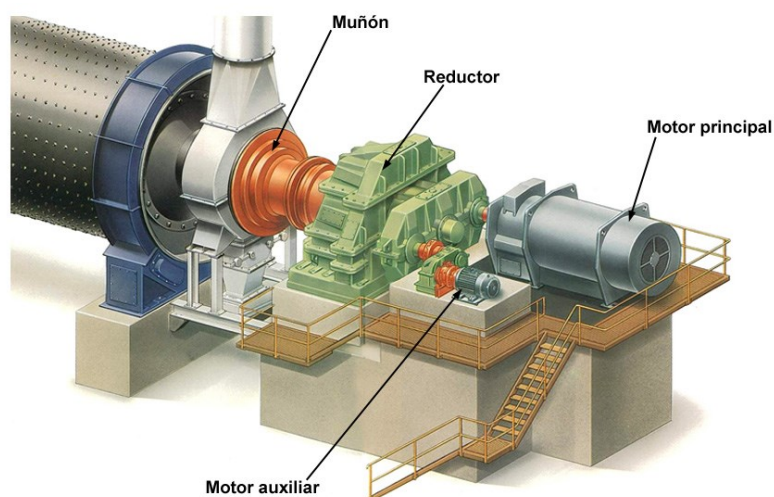


Figura 34: Sistema Motriz del Molino de Cemento

El giro del molino, se realiza por medio de un muñón accionado por dos motores principales (o uno principal y un auxiliar) conectado a través de un reductor.

MOTORES

MOTOR PRINCIPAL: Está potenciado por un motor asíncrono que gira a 1700 revoluciones por minuto, dicho motor se encarga de hacer que el molino gire en un rango de 35 rpm, aproximadamente, por lo cual es un motor eléctrico asíncrono.

MOTOR AUXILIAR: Es un motor asíncrono de marcha lenta, que ayuda a posicionar el molino, para que el personal de mantenimiento acceda por las cámaras del equipo.

También cumple con la función de ayudar al arranque del motor principal, es decir genera un torque que facilita que arranque de manera eficaz el motor principal.

3.2.2 UNIDAD DE TRANSMISIÓN

REDUCTOR

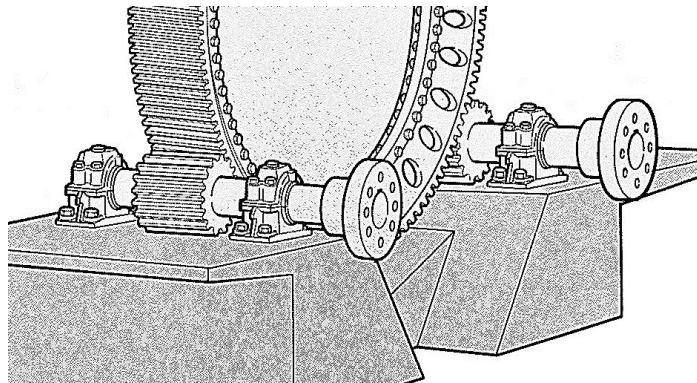


Figura 35: Reductor del Molino de Cemento.

El tambor del molino es accionado por uno o dos piñones a través de una corona dentada que abraza al tambor.

Los principales problemas son:

- Pérdida de viscosidad de aceite y grasa de reductor.
- Trabamiento por presencia de cemento en elementos mecánicos.
- Pérdida de potencia por falta de lubricación.

3.2.3 UNIDAD DE TRABAJO

SISTEMA DE LUBRICACIÓN

Son bombas que tienen la función de hacer circular aceite o grasa, hacia la corona dentada, reductor y cojinetes, de tal manera, que mediante boquillas de

pulverización cada elemento está lubricado, reduciendo el coeficiente de fricción y evitando el prematuro desgaste.

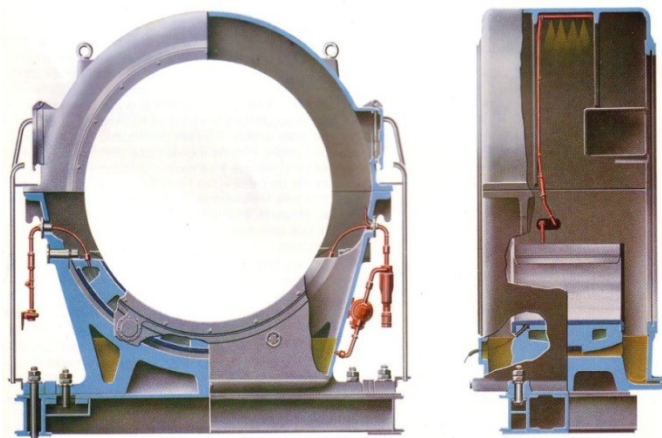


Figura 36: Sistema de Lubricación del Molino de Cemento.

Los principales problemas son:

- Pérdida de viscosidad de aceite y grasa.
- Presencia de polvo en aceite y grasa.
- Desgaste de anillos retenedores.

CIRCUITO

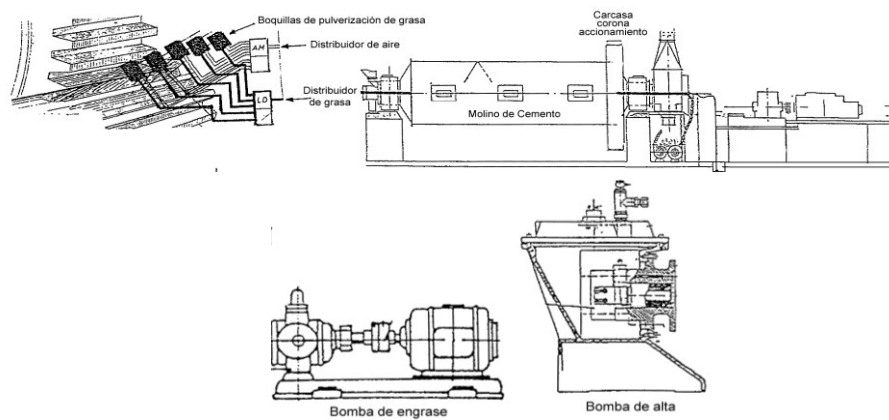


Figura 37: Circuito de Lubricación del Molino de Cemento

COJINETES

Los cojinetes van dotados de una placa de metal antifricción y un sistema de lubricación independiente, que los protege de la fricción generada por el peso del molino. Se utilizan bombas de alta presión y filtros de aceite para mejorar la lubricación y facilitar el arranque.

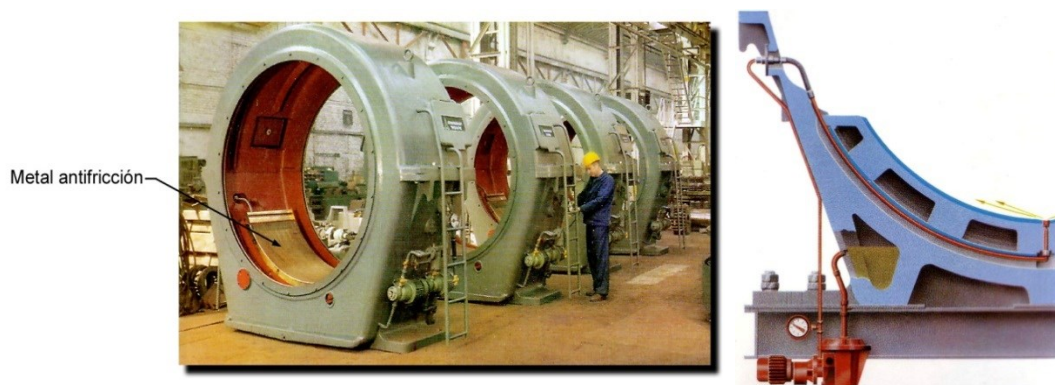


Figura 38: Cojinetes del Molino de Cemento.

SISTEMA DE AGUA

La energía consumida es casi en su totalidad convertida en calor, para eliminar el calor se inyecta agua en las cámaras de molienda.

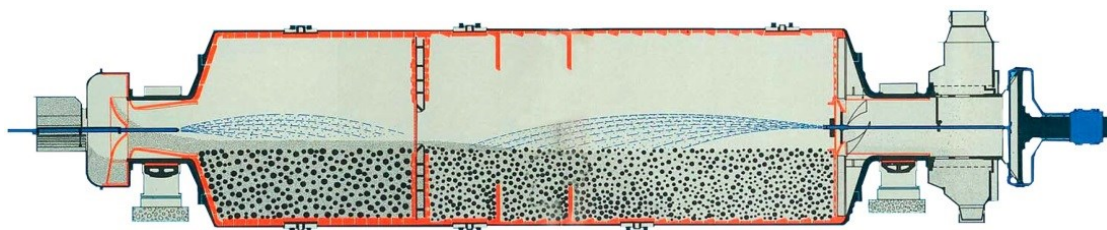


Figura 39: Rociadores de Agua del Molino de Cemento.

Al inyectar agua también se consigue evitar:

- La adhesión de material sobre los cuerpos de molienda.

- La formación de aglomerados de cemento.
- El riesgo de falso fraguado por deshidratación del yeso (110°C aprox.)

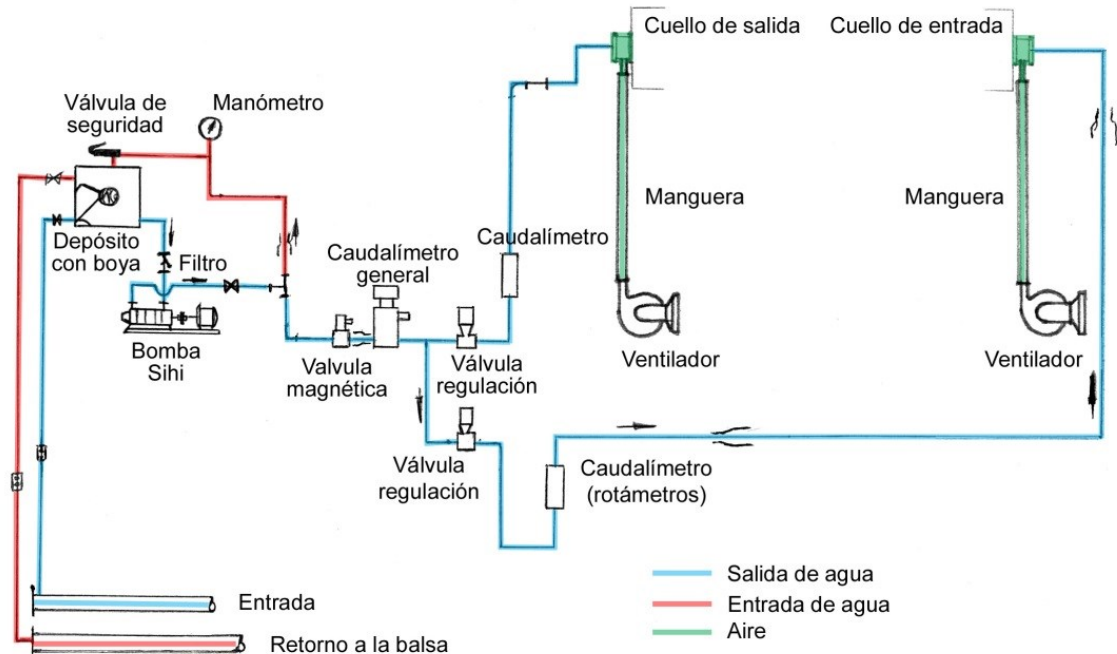


Figura 40: Sistema de Agua del Molino de Cemento

Los sprays de agua, son protegidos por una carcasa de plancha de acero ASTM A36 en espesor de $\frac{1}{4}$ de pulgada.

Los principales problemas son:

- Desgaste de carcasa de sprays de agua.
- Desgaste de boquillas de sprays de agua.
- Desgaste de anillos de retención.

SISTEMA DE ALIMENTACIÓN Y DESCARGA DE MATERIAL

El material ingresa al molino con una granulometría de aproximadamente $\frac{3}{4}$ a 1 pulgada, por medio de un chute de carga, el cual está hecho en acero ASTM A36 y espesor de $\frac{1}{2}$ pulgada, dicho chute de carga presenta una

configuración de gradas, lo cual permite el ingreso hacia la cámara N°1 de premolienda, y posteriormente a la cámara N°2 de molienda de polvo fino.

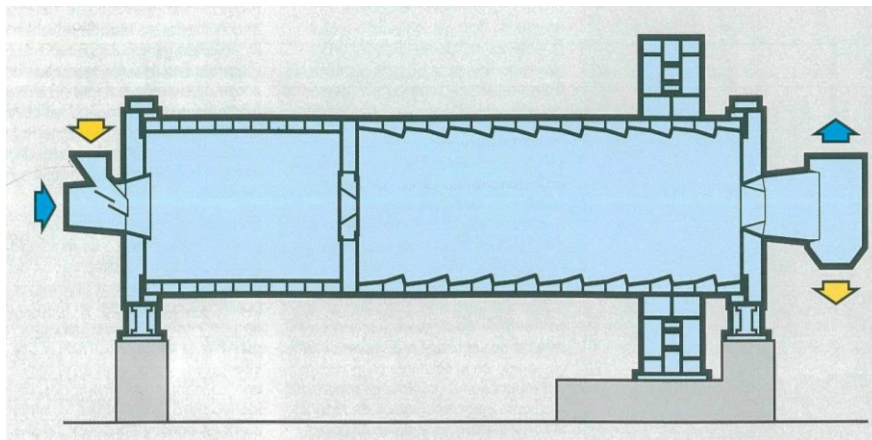


Figura 41: Sistema de Alimentación de Carga y Descarga del Molino de Cemento

A continuación se pasa por medio de aerodeslizadores y elevadores, a un separador externo al molino, que devuelve el material grueso al molino. Para secar el material se hacen circular gases calientes.

Los principales problemas que se presentan son:

- Desgaste placas del chute de carga.
- Desgaste de los blindajes del molino de la cámara 1.
- Desgaste de los blindajes del molino de la cámara 2.
- Incrustaciones de bolas en los blindajes.
- Incrustaciones de bolas en tabiques.

CHUTE DE CARGA

El chute está compuesto por placas de acero ASTM A36 de $\frac{1}{2}$ pulgada de espesor, y de una forma rectangular, que están colocadas en forma de gradas lo que permite al material ser golpeado al ingreso de la cámara 1 del molino de

cemento. Al ser el Clinker y sus agregados, un compuesto abrasivo el desgaste es de 8 mm en el espesor, por cada 15 días aproximadamente.

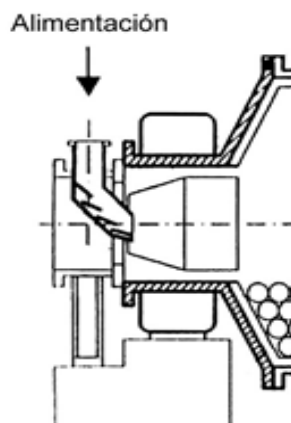


Figura 42: Chute de carga del Molino de Cemento

TABIQUE SEPARADOR

Los tabiques de descarga final permiten, retener los elementos de molienda y asegurar el nivel idóneo de material en la última cámara, mediante la correcta granulometría.

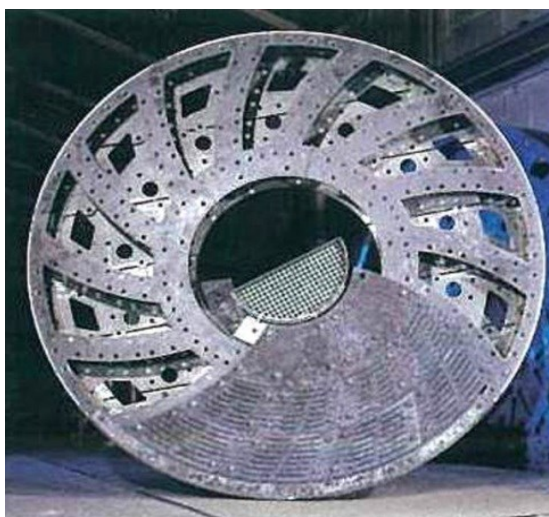


Figura 43: Tabique Separador del Molino de Cemento

BLINDAJES

La elección del perfil de los blindajes en las cámaras de molienda es fundamental para asegurar una correcta clasificación de los cuerpos moledores.

Como material se suele utilizar acero laminado o acero fundido en horno eléctrico. La configuración del blindaje tiene una influencia significativa en el movimiento de las bolas y por tanto en el rendimiento del molino

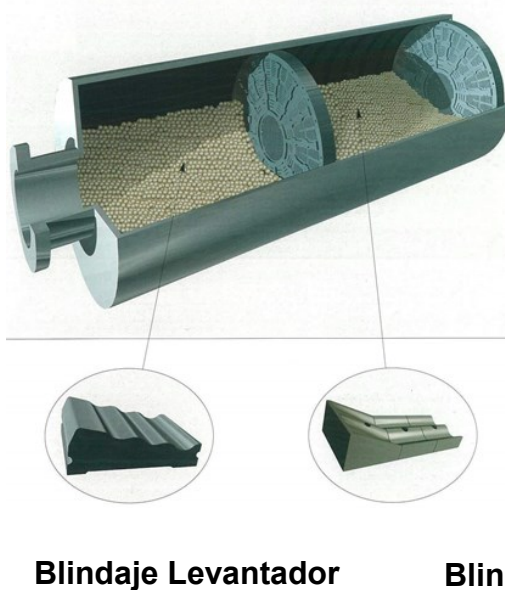


Figura 44: Tipos de Blindajes del Molino de Cemento

BLINDAJE LEVANTADOR

Los blindajes levantadores tienen la función de elevar las bolas para producir un efecto de cascada, con el cual el material es triturado.

BLINDAJE CLASIFICADOR:

Tiene la función de permitir que el material tenga una salida con una granulometría muy fina de aproximadamente 150 micras, por lo cual al ser polvo.

CUERPOS MOLEDORES

Los cuerpos molidores, generalmente bolas, llenan el molino hasta casi la mitad, al golpear el material realizan el trabajo de molienda, por lo cual se desgastan y se mezclan con el material molido.

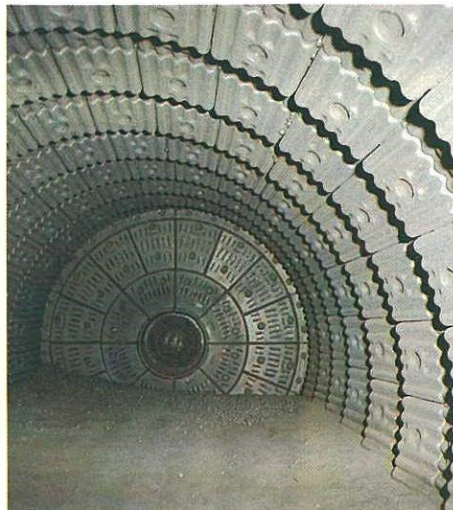


Figura 45: Cámara interna con Cuerpos Molidores del Molino de Cemento

Las cámaras se llenan de dichos cuerpos molidores en 1/3 del volumen del molino.

Los cuerpos molidores deben de ser resistentes al choque y la abrasión, para ello deben de cumplir unas condiciones de:

- Dureza.
- Tenacidad
- Homogeneidad
- Esfericidad

Su dureza dependerá del material a moler:

- Material Dúctil Dureza 300 – 350 Brinell
- Material Duro Dureza 550 – 650 Brinell

CHUTE DE DESCARGA

Luego de que el cemento pasa por un tabique separador, el material particulado es sustraído de la cámara 2 del molino de cemento, mediante un ventilador de tiro forzado, y gases caliente, o conocido como separador, por lo cual el chute de descarga está cerrado herméticamente, para que no existan pérdidas o fugas de aire y material particulado

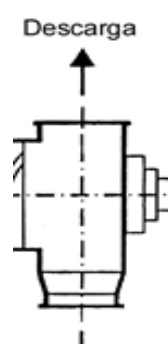


Figura 46: Chute de descarga del Molino de Cemento

SEPARADOR

El separador consta de un rotor de paletas accionado a velocidad variable, Este accionamiento puede realizarse mediante un variador de frecuencia.



SEPARADOR ESTÁTICO

SEPARADOR DINÁMICO

Figura 47: Separador Estático del Molino de Cemento

La principal función del separador es clasificar el material fino y particulado, del material grueso, haciendo que este último tenga un reproceso.

3.3 ANÁLISIS POR FALLA FUNCIONAL DEL MOLINO DE CRUDO

Se determina que la manera más adecuada para realizar un análisis por falla funcional es a través de inspecciones cuando el Molino de Crudo está detenido.

Es obligatorio validar cada función con el grupo de supervisores, inspectores y planificadores de mantenimiento y seguridad para garantizar que se reduce el riesgo del fallo conforme al requerimiento.

Ver: Anexo A

3.4 ANÁLISIS POR FALLA FUNCIONAL DEL MOLINO DE CEMENTO

Se determina que la manera más adecuada para realizar un análisis por falla funcional es a través de inspecciones cuando el Molino de Cemento está detenido.

Es obligatorio validar cada función con el grupo de supervisores, inspectores y planificadores de mantenimiento y seguridad para garantizar que se reduce el riesgo del fallo conforme al requerimiento.

Ver: Anexo B

3.5 ELABORACIÓN DE PROCEDIMIENTOS TECNOLÓGICOS.

3.5.1 PROCEDIMIENTOS TECNOLÓGICOS PARA EL MOLINO DE CRUDO

Tabla 1. Matriz de Procedimientos Tecnológicos para el Molino de Crudo.

Equipos	Procedimiento de Trabajo Mecánicos Necesarios	Procedimiento de Trabajo Mecánicos Implantados
Separador	Cambio de Aletas del Separador Dinámico	Cambio de Aletas del Separador
Separador	Cambio de Aletas del Separador Estático	
Sprays de Agua	Cambio de Carcazas	Cambio de Boquillas y Carcazas de los Sprays de Agua
Sprays de Agua	Cambio de Boquillas	
Ruedas Moledoras	Reparación de protectores de pernos	Reparación de protectores de pernos
Ruedas Moledoras	Reparación de carcaza de protección	Reparación de carcaza de protección
Ruedas Moledoras	Cambio de felpas y cauchos	Cambio de felpas y cauchos
Ruedas Moledoras	Cambio de Rueda	Cambio de Rueda
Anillo de Gases	Reparación de placas de anillo de gases	Reparación de placas de anillo de gases
Anillo de Gases	Cambio de felpas y cauchos	Cambio de felpas y cauchos
Mesa de Molienda	Cambio de Mesa	Cambio de Mesa de Molienda
Reductor	Cambio de Aceite	Cambio de Aceite
Reductor	Cambio de Reductor	Cambio de Reductor
Chute de Carga	Reparación de Chute de Carga	Reparación de Chutes de Carga y Descarga
Chute de Descarga	Reparación de Chute de Descarga	
Cilindro Hidráulico	Cambio de Aceite	Cambio de Aceite Hidráulico del cilindro.
Cilindro Hidráulico	Cambio de Cilindro	Cambio de Cilindro

Fuente: Procedimientos de Trabajo Mecánicos Implantados.

Ver Anexo C, para revisar cada uno los Procedimientos.

3.5.2 MATRIZ DE PROCEDIMIENTOS TECNOLÓGICOS PARA EL MOLINO DE CEMENTO

Tabla 2.

Matriz de Procedimientos Tecnológicos para el Molino de Cemento.

<i>Equipos</i>	<i>Procedimiento de Trabajo Mecánicos</i>	<i>Procedimiento de Trabajo Mecánicos Implantados</i>
Separador	Cambio de Aletas del Separador Dinámico	Cambio de Aletas Estáticas y Dinámicas.
Separador	Cambio de Aletas del Separador Estático	
Sprays de Agua	Cambio de Carcazas	Cambio de las Boquillas y las Carcazas de los Sprays de Agua.
Sprays de Agua	Cambio de Boquillas	
Cámara 1	Reparación de Incrustaciones en planchaje radial.	Reparación de Incrustaciones en la Cámara 1
Cámara 1	Reparación de Incrustaciones en Mamparas	
Cámara 1	Reparación de Incrustaciones en tabique	
Cámara 1	Cambio de Planchaje Radial	Cambio de Planchaje Radial de la Cámara 1
Cámara 1	Cambio de Mamparas de Entrada	Cambio de Mampara de Entrada Cámara 1
Cámara 1	Cambio de Mamparas de Salida	Cambio de Mampara de Salida Cámara 1
Cámara 1	Carga de Bolas	Carga de Bolas Cámara 1 y 2
Cámara 2	Reparación de Incrustaciones en planchaje radial.	Reparación de Incrustaciones en la Cámara 2
Cámara 2	Reparación de Incrustaciones en Mamparas	
Cámara 2	Reparación de Incrustaciones en tabique	
Cámara 2	Cambio de Planchaje Radial	Cambio de Planchaje Radial de la Cámara 2
Cámara 2	Cambio de Mamparas de Entrada	Cambio de Mampara de Entrada Cámara 2
Cámara 2	Cambio de Mamparas de Salida	Cambio de Mampara de Salida Cámara 2
Cámara 2	Carga de Bolas	Carga de Bolas Cámara 1 y 2
Reductor	Cambio de Aceite	Cambio de Aceite del Reductor
Reductor	Cambio de Reductor	Cambio de Reductor
Chute de Carga	Reparación de Chute de Carga	Reparación del Chute de Carga y Descarga.
Chute de Descarga	Reparación de Chute de Descarga	

Fuente: Procedimientos de Trabajo Mecánicos Implantados.

Ver Anexo D, para revisar cada uno los Procedimientos.

CAPÍTULO 4

MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE SEGURIDAD FUNCIONAL

4.1 ANÁLISIS DE RIESGOS POR EQUIPO.

4.1.1 MOLINO DE CRUDO

4.1.1.1 UNIDAD DE POTENCIA

Tabla 3.

Riesgos y Causas, Unidad de Potencia del Molino de Crudo.

UNIDAD		POTENCIA	
EQUIPO	Riesgo	Causa	
Motor Eléctrico	Trabamiento	- Presencia de Objetos Extraños - Presencia de Material Particulado.	
	Sobrecarga Eléctrica	- Oscilación de Tensión en la Energía de planta	
	Sobrecarga Mecánica	- Acumulación de Material en el proceso	
	Recalentamiento		- Malla de Ventilador Tapada - Sobrecargas Mecánicas
			- Sobrecargas Eléctricas - Fricción de Eje con elementos de contacto
			- Aletas con presencia de cemento
Vibraciones Excesivas	- Acumulación de material en ventilador - Sobrecargas Mecánicas		

4.1.1.2 UNIDAD DE TRANSMISIÓN

Tabla 4.

Riesgos y Causas, Unidad de Transmisión del Molino de Crudo.

UNIDAD		TRANSMISIÓN
EQUIPO	Riesgo	Causa
Acople Manual	Trabamiento	- Presencia de Objetos Extraños - Presencia de Material Particulado.
	Desacoplamiento de eje	- Desalineación de eje del motor - Anclajes no ajustados
Reductor	Trabamiento	- Presencia de Objetos Extraños - Presencia de Material Particulado.
	Sobrecarga de operación	- Exceso de camada de plato de molienda
	Desgaste de Componentes	- Falta de Lubricación
	Recalentamiento	- Sobrecarga de operación
	Presencia de Fugas	- Desgaste de Empaques. - Fisuras en carcazas

4.1.1.3 UNIDAD DE TRABAJO

Tabla 5.

Riesgos y Causas, Unidad de Trabajo del Molino de Crudo.

UNIDAD		TRABAJO	
SISTEMA	EQUIPO	Riesgo	Causa
Sistema de Molienda	Pista de Molienda	- Desgaste	- Granulometría excesiva
			- Material Abrasivo
		- Picadura	- Granulometría excesiva
		- Desalineación del eje	- Exceso de camada de operación
	Rodillos Moledores	- Desgaste	- Granulometría excesiva
			- Material Abrasivo
		- Picadura	- Proceso de trabajo
		- Desalineación del eje	- Exceso de camada de operación
	Corona de Alabes	- Tuercas trabadas	- Material Abrasivo
- Desgaste		- Reproceso de material con granulometría excesiva	
- Fisuras		- Desgaste por proceso de trabajo	
Sistema Hidráulico	Cilindros Hidráulicos	- Desgaste de Sellos	- Exceso de ciclos de trabajo de los sellos
		- Fugas de Aceite	- Daño de los sellos
	Acumuladores	- Fugas de Gas	- Daño de los sellos
- Despresurización		- Daño de los sellos	
Sistema de Lubricación	Bombas de Engranés	- Fugas en Tuberías	- Daño de los sellos
		- Fugas en Bombas	- Daño de los sellos
Sistema de Agua	Sprays	- Desgaste de Boquillas	- Material Abrasivo
	Carcasas	- Desgaste de Placas	- Material Abrasivo
	Válvula de Clapeta	- Acumulación de material	- Exceso de carga a operar
Sistema de Alimentación y Descarga de Material	Chute de Carga	- Desgaste de Cono	- Material Abrasivo
	Chute de Descarga	- Desgaste de placas	- Material Abrasivo
	Separador	- Desgaste de Separador Dinámico	- Material Abrasivo
- Desgaste de Separador Estático		- Material Abrasivo	

4.1.2 MOLINO DE CEMENTO

4.1.2.1 UNIDAD DE POTENCIA

Tabla 6.

Riesgos y Causas, Unidad de Potencia del Molino de Cemento.

UNIDAD		POTENCIA
EQUIPO	Riesgo	Causa
Motor Eléctrico Principal	Tratamiento	- Presencia de Objetos Extraños - Presencia de Material Particulado.
	Sobrecarga Eléctrica	- Oscilación de Tensión en la energía de planta eléctrica
	Sobrecarga Mecánica	- Acumulación de Material en el proceso - Malla de Ventilador Tapada - Sobrecargas Mecánicas
	Recalentamiento	- Sobrecargas Eléctricas - Fricción de Eje con elementos de contacto - Aletas con presencia de cemento
	Vibraciones Excesivas	- Acumulación de material en ventilador - Sobrecargas Mecánicas
Motor Eléctrico Secundario	Trabamiento	- Presencia de Objetos Extraños - Presencia de Material Particulado.
	Sobrecarga Eléctrica	- Oscilación de Tensión en la energía de planta eléctrica - Malla de Ventilador Tapada
	Recalentamiento	- Sobrecargas Eléctricas - Fricción de Eje con elementos de contacto - Aletas con presencia de cemento
	Vibraciones Excesivas	- Acumulación de material en ventilador - Sobrecargas Mecánicas

4.1.2.2 UNIDAD DE TRANSMISIÓN

Tabla 7.

Riesgos y Causas, Unidad de Transmisión del Molino de Cemento.

UNIDAD		TRANSMISIÓN
EQUIPO	Riesgo	Causa
Reductor	Trabamiento	- Presencia de Objetos Extraños - Presencia de Material Particulado.
	Sobrecarga de operación	- Exceso de camada de plato de molienda
	Desgaste de Componentes	- Falta de Lubricación
	Recalentamiento	- Sobrecarga de operación
	Presencia de Fugas	- Desgaste de Empaques. - Fisuras en carcazas

4.1.2.3 UNIDAD DE TRABAJO

Tabla 8.

Riesgos y Causas, Unidad de Trabajo del Molino de Cemento.

UNIDAD		TRABAJO	
EQUIPO		Riesgo	Causa
Sistema de Lubricación	Bombas de Engranés	- Fugas en Tuberías	- Daño de los sellos
		- Fugas en Bombas	- Daño de los sellos
	Cojinetes	- Picaduras	- Desalineación.
Sistema de Agua	Sprays	- Desgaste de Boquillas	- Material Abrasivo
	Carcasas	- Desgaste de Placas	- Material Abrasivo
	Válvula de Clapeta	- Acumulación de material	- Exceso de carga a operar
Sistema de Alimentación y Descarga de Material	Chute de Carga	- Desgaste de Cono	- Material Abrasivo
	Chute de Descarga	- Desgaste de placas	- Material Abrasivo
	Separador	- Desgaste de Separador Dinámico	- Material Abrasivo
		- Desgaste de Separador Estático	- Material Abrasivo

4.2 ANÁLISIS DE PRECAUCIONES POR EQUIPO.

4.2.1 MOLINO DE CRUDO

4.2.1.1 UNIDAD DE POTENCIA

Tabla 9.

Precauciones en la Unidad de Potencia del Molino de Crudo.

UNIDAD		POTENCIA	
EQUIPO	RIESGO	CAUSA	PRECAUCIONES
Motor Eléctrico	Trabamiento	- Presencia de Objetos Extraños	Inspección visual diaria
		- Presencia de Material Particulado.	Mantenimiento programado quincenal
	Sobrecarga Eléctrica	- Oscilación de Tensión en la energía de planta eléctrica	Control de Voltajes (Planta Eléctrica)
	Sobrecarga Mecánica	- Acumulación de Material en el proceso	Inspección de volumen (Producción)
	Recalentamiento	- Malla de Ventilador Tapada	Inspección visual diaria
		- Sobrecargas Mecánicas	Inspección de volumen (Producción)
		- Sobrecargas Eléctricas	Control de Voltajes (Planta Eléctrica)
	Vibraciones Excesivas	- Fricción de Eje con elementos de contacto	Mantenimiento programado quincenal
		- Aletas con presencia de cemento	Mantenimiento programado quincenal
		- Acumulación de material en ventilador	Mantenimiento programado quincenal
		- Sobrecargas Mecánicas	Análisis de Vibraciones semanal

4.2.1.2 UNIDAD DE TRANSMICIÓN

Tabla 10.

Precauciones en la Unidad de Transmisión del Molino de Crudo.

UNIDAD		TRANSMISIÓN	
EQUIPO	RIESGO	CAUSA	PRECAUCIONES
Acople Manual	Trabamiento	- Presencia de Objetos Extraños	Inspección visual diaria
		- Presencia de Material Particulado.	Mantenimiento programado quincenal
	Desacoplamiento de eje	- Desalineación de eje del motor	Mantenimiento programado quincenal
		- Anclajes no ajustados	Reajuste de torque quincenal
Reductor	Trabamiento	- Presencia de Objetos Extraños	Inspección visual diaria
		- Presencia de Material Particulado.	Mantenimiento programado quincenal
	Sobrecarga de operación	- Exceso de camada de plato de molienda	Inspección de volumen (Producción)
	Desgaste de Componentes	- Falta de Lubricación	Inspección de niveles
	Recalentamiento	- Sobrecarga de operación	Inspección de volumen (Producción)
	Presencia de Fugas	- Desgaste de Empaques.	Mantenimiento programado quincenal
- Fisuras en carcazas		Mantenimiento programado quincenal	

4.2.1.3 UNIDAD DE TRABAJO

Tabla 11.

Precauciones en la Unidad de Trabajo del Molino de Crudo.

UNIDAD		TRABAJO		
SISTEMA	EQUIPO	RIESGO	CAUSA	PRECAUCIONES
Sistema de Molienda	Pista de Molienda	- Desgaste	- Granulometría excesiva	Control con mallas
			- Material Abrasivo	Mediciones de desgaste
		- Picadura	- Granulometría excesiva	Control con mallas
		- Desalineación del eje	- Exceso de camada de operación	Inspección de volumen (Producción)
	Rodillos Moledores	- Desgaste	- Granulometría excesiva	Control con mallas
			- Material Abrasivo	Mediciones de desgaste

Continúa →

UNIDAD		TRABAJO		
SISTEMA	EQUIPO	RIESGO	CAUSA	PRECAUCIONES
Sistema de Molienda	Rodillos Moledores	- Picadura	- Proceso de trabajo	Inspección de volumen (Producción)
		- Desalineación del eje	- Exceso de camada de operación	Inspección de volumen (Producción)
		- Tuercas trabadas	- Material Abrasivo	Mediciones de desgaste
	Corona de Alabes	- Desgaste	- Reproceso de material con granulometría excesiva	Inspección de volumen (Producción)
		- Fisuras	- Desgaste por proceso de trabajo	Mediciones de desgaste
		- Desgaste de Sellos	- Exceso de ciclos de trabajo de los sellos	Mediciones de desgaste
Sistema Hidráulico	Cilindros Hidráulicos	- Fugas de Aceite	- Daño de los sellos	Mantenimiento programado quincenal
		- Fugas de Gas	- Daño de los sellos	Mantenimiento programado quincenal
	Acumuladores	- Despresurización	- Daño de los sellos	Mantenimiento programado quincenal
		- Fugas en Tuberías	- Daño de los sellos	Mantenimiento programado quincenal
Sistema de Lubricación	Bombas de Engranés	- Fugas en Bombas	- Daño de los sellos	Mantenimiento programado quincenal
		- Desgaste de Boquillas	- Material Abrasivo	Mantenimiento programado quincenal
Sistema de Agua	Sprays	- Desgaste de Placas	- Material Abrasivo	Mantenimiento programado quincenal
	Carcasas	- Acumulación de material	- Exceso de carga a operar	Inspección de volumen (Producción)
Sistema de Carga y Descarga de Material	Chute de Carga	- Desgaste de Cono	- Material Abrasivo	Mantenimiento programado quincenal
	Chute de Descarga	- Desgaste de placas	- Material Abrasivo	Mantenimiento programado quincenal
	Separador	- Desgaste de Separador Dinámico	- Material Abrasivo	Mantenimiento programado quincenal
		- Desgaste de Separador Estático	- Material Abrasivo	Mantenimiento programado quincenal

4.2.2 MOLINO DE CEMENTO

4.2.2.1 UNIDAD DE POTENCIA

Tabla 12.

Precauciones en la Unidad de Potencia del Molino de Cemento.

UNIDAD		POTENCIA	
EQUIPO	RIESGO	DESCRIPCIÓN	PRECAUCIONES
Motor Eléctrico Principal	Trabamiento	- Presencia de Objetos Extraños	Inspección visual diaria
		- Presencia de Material Particulado.	Mantenimiento programado quincenal
	Sobrecarga Eléctrica	- Oscilación de Tensión en la energía de planta eléctrica	Control de Voltajes (Planta Eléctrica)
	Sobrecarga Mecánica	- Acumulación de Material en el proceso	Inspección de volumen (Producción)
	Recalentamiento	- Malla de Ventilador Tapada	Inspección visual diaria
		- Sobrecargas Mecánicas	Inspección de volumen (Producción)
		- Sobrecargas Eléctricas	Control de Voltajes (Planta Eléctrica)
		- Fricción de Eje con elementos de contacto	Mantenimiento programado quincenal
	Vibraciones Excesivas	- Aletas con presencia de cemento	Mantenimiento programado quincenal
		- Acumulación de material en ventilador	Mantenimiento programado quincenal
Motor Eléctrico Secundario	Trabamiento	- Acumulación de material en ventilador	Análisis de Vibraciones semanal
		- Sobrecargas Mecánicas	
	Trabamiento	- Presencia de Objetos Extraños	Inspección visual diaria
		- Presencia de Material Particulado.	Mantenimiento programado quincenal
	Sobrecarga Eléctrica	- Oscilación de Tensión en la energía de planta eléctrica	Control de Voltajes (Planta Eléctrica)
	Recalentamiento	- Malla de Ventilador Tapada	Inspección visual diaria
		- Sobrecargas Eléctricas	Inspección de volumen (Producción)
		- Fricción de Eje con elementos de contacto	Control de Voltajes (Planta Eléctrica)
		- Aletas con presencia de cemento	Mantenimiento programado quincenal
	Vibraciones Excesivas	- Acumulación de material en ventilador	Mantenimiento programado quincenal
- Sobrecargas Mecánicas		Análisis de Vibraciones semanal	

4.2.2.2 UNIDAD DE TRANSMISIÓN

Tabla 13.

Precauciones Unidad de Transmisión del Molino de Cemento.

UNIDAD		TRANSMISIÓN		
EQUIPO	RIESGO	DESCRIPCIÓN	PRECAUCIONES	
Reductor	Trabamiento	- Presencia de Objetos Extraños	Inspección visual diaria	
		- Presencia de Material Particulado.	Mantenimiento programado quincenal	
	Sobrecarga de operación	- Exceso de camada de plato de molienda	Inspección de volumen (Producción)	
	Desgaste de Componentes	- Falta de Lubricación	Inspección de niveles	
	Recalentamiento	- Sobrecarga de operación	Inspección de volumen (Producción)	
	Presencia de Fugas	- Desgaste de Empaques.	Mantenimiento programado quincenal	
- Fisuras en carcazas		Mantenimiento programado quincenal		

4.2.2.3 UNIDAD DE TRABAJO

Tabla 14.

Precauciones en la Unidad de Trabajo del Molino de Cemento.

UNIDAD		TRABAJO		
EQUIPO	RIESGO	DESCRIPCIÓN	PRECAUCIONES	
Sistema de Lubricación	Bombas de Engranés	- Fugas en Tuberías	- Daño de los sellos	Mantenimiento programado quincenal
		- Fugas en Bombas	- Daño de los sellos	Mantenimiento programado quincenal
	Cojinetes	- Picaduras	- Desalineación.	Mantenimiento programado quincenal
Sistema de Agua	Sprays	- Desgaste de Boquillas	- Material Abrasivo	Mantenimiento programado quincenal
	Carcazas	- Desgaste de Placas	- Material Abrasivo	Mantenimiento programado quincenal
	Válvula de Clapeta	- Acumulación de material	- Exceso de carga a operar	Mantenimiento programado quincenal
Sistema de Alimentación y Descarga de Material	Chute de Carga	- Desgaste de Cono	- Material Abrasivo	Inspección de volumen (Producción)
	Chute de Descarga	- Desgaste de placas	- Material Abrasivo	Mantenimiento programado quincenal
	Separador	- Desgaste de Separador Din.	- Material Abrasivo	Mantenimiento programado quincenal
- Desgaste de Separador Est.		- Material Abrasivo	Mantenimiento programado quincenal	

4.3 MATRIZ DE RIESGOS Y PRECAUCIONES, SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL.

Los riesgos están identificados por su tipo, que de acuerdo al departamento del Seguridad y Salud Ocupacional del grupo tiene la siguiente clasificación

Específico (SPE)

Es aquel riesgo que está presente y por lo general no hay como evitarlo, de tal manera que requiere uso de protección personal.

Neutralizado (NEU)

Es aquel riesgo que se puede neutralizar con un bloqueo mecánico, por ende es aislado para realizar un determinado trabajo.

Distribuido (DIS)

Es aquel riesgo que se encuentra presente en mecanismos que poseen movimientos y se pueden suscitar inesperadamente.

Preventivo (PRE)

Es aquel riesgo que no causa efectos dañinos al operador, y se lo puede prever y tomar medidas de aislamiento antes de un trabajo.

Finalizado (FIN)

Es un riesgo potencialmente peligroso, que puede causar serios daños al operador, se lo aísla mediante medidas de control de los equipos.

Tabla 15.


Matriz de Riesgos de Seguridad y Salud Ocupacional.

MATRIZ DE RIESGOS		
SPE	Específico	
NEU	Neutralizado	
DIS	Distribuido	
PRE	Preventivo	
FIN	Finalizado / Aislado con Documento	
RIESGO	DESCRIPCIÓN	TIPO


Continúa →

MATRIZ DE RIESGOS		
	SPE	<i>Específico</i>
	NEU	<i>Neutralizado</i>
	DIS	<i>Distribuido</i>
	PRE	<i>Preventivo</i>
	FIN	<i>Finalizado / Aislado con Documento</i>
RIESGO	DESCRIPCIÓN	TIPO
ARRANQUE MECÁNICO	Un equipo está sometido a iniciar su trabajo por medio de una acción mecánica	DIS
PROYECCIÓN DE AIRE CON POLVO	Las partículas de polvo pueden estar flotando en el aire o ambiente de trabajo	SPE
AIRE CON DEFICIENCIA DE OXÍGENO	La falta de oxígeno puede ser provocada por una ventilación inadecuada o presencia de algún gas.	SPE
AVALANCHA DE MATERIAL	Se produce por el desmoronamiento de material de una pila, puede ser impredecible	SPE
PELIGRO POTENCIAL DE CORTES	Se pueden producir laceraciones, las cuales pueden o no ser profundas u ocasionar heridas graves.	SPE
QUEDADO CON LA FRECUENCIA DE RADIO	La alta frecuencia de un radio puede provocar en el cuerpo un circuito eléctrico que actúa como una resistencia.	SPE
QUEMADURAS GENERALES	Es una lesión de la piel producida por la exposición de la piel a diversos factores.	SPE
QUEMADURAS DEBIDO A CONTACTO ELÉCTRICO	Quemaduras en las que la persona entra en contacto con algún elemento que no forma parte del circuito eléctrico y que, en condiciones normales, no debería tener tensión, pero que la adquirió accidentalmente (envolvente, órganos de mando, etc.)	SPE
QUEMADURAS DEBIDO A CONTACTO TÉRMICO	El accidente se produce cuando el trabajador entra en contacto directo con: Objetos o sustancias calientes, u objetos o sustancias frías.	SPE
QUEMADURAS DEBIDO A CONTACTO CON LIQUIDOS CALIENTES	El accidente se produce cuando el trabajador entra en contacto directo con: Sustancias calientes.	SPE
QUEMADURAS DEBIDO A CONTACTO DIRECTO	El accidente se produce cuando el trabajador, expone directamente sus extremidades a los diferentes factores que pueden producir una quemadura.	SPE
QUEMADURAS DEBIDO A PROYECCIONES	Una proyección de cualquier material cuando la piel o extremidades están expuestas al material.	SPE
INHALACIÓN DE GASES CALIENTES	Los trabajadores pueden absorber los gases de combustión, o gases producidos en el proceso por medio de las vías respiratorias.	SPE
QUEMADURAS DEBIDO A GASES CALIENTES	Los gases de los diferentes procesos pueden ocasionar lesiones graves de la piel expuesta.	SPE


Continúa →

MATRIZ DE RIESGOS		
SPE	<i>Específico</i>	
NEU	<i>Neutralizado</i>	
DIS	<i>Distribuido</i>	
PRE	<i>Preventivo</i>	
FIN	<i>Finalizado / Aislado con Documento</i>	
RIESGO	DESCRIPCIÓN	TIPO
QUEMADURAS DEBIDO A SOLDADURA O CORTE	Los procesos de soldadura o sus residuos pueden ocasionar quemaduras o problemas serios en la piel expuesta	SPE
ASEGURAR QUE LAS TOLVAS ESTAN SIN MATERIAL ANTES DE ABRIR	Las tolvas pueden tener remanentes de los procesos, es conveniente realizar una inspección.	SPE
CONDICIONES DE LA CÁMARA DE DESCARGA DEL MOLINO DE CEMENTO	En el molino de cemento es necesario vaciar para varios tipos de trabajo, por lo cual se debe identificar cual es el proceso de vaciado para analizar sus riesgos específicos y precauciones a tomar.	SPE
ESPACIO CONFINADO	Calidad de aire deficiente: puede haber una cantidad insuficiente de oxígeno para que el trabajador pueda respirar, la atmósfera puede contener alguna sustancia venenosa que haga que el trabajador se enferme o que incluso le provoque pérdida de conocimiento, las exposiciones químicas debido a contacto con la piel o por ingestión así como inhalación de "aire de baja calidad", riesgo de incendios: pueden haber atmósferas inflamables/explosivas debido a líquidos inflamables y gases y polvos combustibles que si se encienden pueden llevar a un incendio o a una explosión, procesos relacionados con riesgos tales como residuos químicos, liberación de contenidos de una línea de suministro.	SPE
CONTACTO CON DESPERDICIOS	Los desperdicios son de diferente clase, de tal manera que se puede entrar en contacto con ellos sin saber que accidentes se pueden sufrir, por lo tanto es importante tratar de evitarlos.	SPE
ATRAPAMIENTO.	Los empleados y/o visitantes podrían quedar atrapados dentro de los equipos o instalaciones, sin previo aviso.	SPE
APLASTADO POR PUNTOS DE MÁQUINA O EQUIPO EN MOVIMIENTO	Los equipos en movimiento pueden poseer elementos que choquen entre sí, de tal manera que atrapen y aplasten extremidades.	SPE
GOLPE POR MATERIAL CAIDO	Existen materiales caídos que al no identificarlos mediante la vista, pueden existir golpes sin previo aviso, así como el movimiento repentino de los mismos.	SPE


Continúa →

MATRIZ DE RIESGOS		
SPE	<i>Específico</i>	
NEU	<i>Neutralizado</i>	
DIS	<i>Distribuido</i>	
PRE	<i>Preventivo</i>	
FIN	<i>Finalizado / Aislado con Documento</i>	
RIESGO	DESCRIPCIÓN	TIPO
APLASTADO POR MANEJO DE CARGA PESADA	Al estar dentro de áreas donde se encuentren cargas suspendidas, o cargas en movimiento se pueden dar imprevistos si estos equipos no están bloqueados.	SPE
APLASTADO POR MATERIALES	Los pesos propios de los materiales pueden aplastar a un operador o alguna extremidad si está expuesto.	SPE
APLASTADO POR ARRANQUE SUBITO	En un arranque en súbito, al ser violento, se limita la reacción del operador para tomar cualquier reacción.	SPE
APLASTADO POR FALLA EN LA GRÚA	El trabajador puede estar en el área aislada en la cual la grúa se opera, y puede existir alguna falla técnica que no se pueda corregir provocando un accidente.	SPE
APLASTADO POR CAIDA DE OBJETOS	Existen objetos de gran envergadura que pueden caer inesperadamente causando catástrofes graves.	SPE
PELIGRO POTENCIAL DE APLASTAMIENTO	Se corre peligro de aplastamiento cuando se está entre elementos móviles o entre elementos que están suspendidos.	SPE
DAÑO DE ACTIVOS	Pueden los trabajadores estar expuestos a algún tipo de peligro cuando se daña cualquier equipo.	SPE
INHALACIÓN DE POLVOS	Por medio de la respiración se puede inhalar polvos procedentes de varios lugares.	SPE
AMBIENTE CON PRESENCIA DE POLVO	Existe la presencia de polvos alrededor de todos los equipos, por el tipo de materias primas y producto final que se manipula.	SPE
FACIL MANEJO	Al realizar maniobras de fácil manejo, se pueden cometer imprudencias.	SPE
PÉRDIDA DE CONTROL DE EQUIPO MÓVIL	El operador realiza malas maniobras.	SPE
EXPLOSIÓN DEBIDO A LA MALA CONDICIÓN DE LOS ELEMENTOS	Los elementos que trabajan con combustibles, si presentan el mínimo fallo incrementan la posibilidad de que se produzca una explosión.	SPE
EXPLOSIÓN DE COMBUSTIBLE O MATERIALES	El mal manejo de los combustibles puede provocar explosiones, se debe trabajar con suma precaución.	SPE
CIRCULACIÓN DE PERSONAL Y EQUIPOS	Se puede ocasionar accidentes si la circulación de los peatones y equipos no es la correcta.	SPE
CAIDA AL MISMO NIVEL	Caída en un lugar de paso, área de trabajo, Caída sobre o contra objetos. Tipo de suelo inestable o deslizante.	SPE

Continúa →

MATRIZ DE RIESGOS		
SPE	<i>Específico</i>	
NEU	<i>Neutralizado</i>	
DIS	<i>Distribuido</i>	
PRE	<i>Preventivo</i>	
FIN	<i>Finalizado / Aislado con Documento</i>	
RIESGO	DESCRIPCIÓN	TIPO
CAIDA POR CAUSA DE MOVIMIENTO DE MAQUINARIA O EQUIPO	Los equipos en movimiento pueden golpear o liberar algún elemento o parte que se encuentre suelta de tal manera que provoca su caída.	SPE
CAIDA A DIFERENTE NIVEL	Caídas de trabajadores desde alturas superiores a 1.80 metros, Caídas de andamios, plataformas, pasarelas, etc., Caídas de escaleras fijas o portátiles, Caídas a pozos, excavaciones, y aberturas del suelo.	SPE
CAIDA DE MATERIAL, OBJETOS O ELEMENTOS	Considerar como riesgos de accidentes por caídas de materiales, herramientas, objetos o elementos, que se maneja o transporta manualmente o con ayudas mecánicas, siempre que el accidentado sea el trabajador que este manipulando el objeto.	SPE
POTENCIAL RIESGO DE INCENDIO	Se pueden provocar incendios en áreas de alta peligrosidad por la manipulación de objetos o líquidos volátiles o inflamables.	SPE
MANEJO DE MATERIAL INFLAMABLE	Accidentes producidos por los efectos del fuego o sus consecuencias. Falta de señalización de advertencia, prohibición, obligación, salvamento o socorro o de lucha contra incendios. El material puede causar una reacción de forma inesperada, provocando incendios o quemaduras graves.	SPE
INHALACIÓN DE GASES	Los gases pueden estar en diferentes áreas y pueden aparecer de forma inesperada dependiendo de la producción.	SPE
GENERAL	Se debe trabajar con los 5 sentidos y la concentración necesaria, pues se requiere suma atención y cuidado cada tarea que se realiza	SPE
MEDIDAS PREVENTIVAS GENERALES	Se debe tomar en cuenta todas las medidas que necesitemos para prever un riesgo.	PRE
AMBIENTE PELIGROSO	Un ambiente peligroso se puede crear por la presencia de diferentes factores como son gases, polvos y materiales dispersos,	SPE
IMPACTO POR ALTA PRESIÓN	Se puede producir cuando equipos realizan desatoramientos mediante presiones de aire, o en líneas de alta presión que pueden fallar.	SPE
EXPOSICIÓN A ALTAS TEMPERATURAS	El trabajador sufre alteraciones fisiológicas por encontrarse expuesto a ambientes específicos de calor extremo (atmosférico o ambiental).	SPE

Continúa →

MATRIZ DE RIESGOS		
SPE	<i>Específico</i>	
NEU	<i>Neutralizado</i>	
DIS	<i>Distribuido</i>	
PRE	<i>Preventivo</i>	
FIN	<i>Finalizado / Aislado con Documento</i>	
RIESGO	DESCRIPCIÓN	TIPO
POTENCIAL ACCIDENTE POR IMPACTO	Pueden ocasionarse con equipos en movimiento o equipos parados, de igual manera con materiales que se encuentren en áreas no señalizadas, y de forma inesperada	SPE
CONTAMINACIÓN DEL SUELO	Se produce por desechos que no son controlados o después de su uso, no tienen un adecuado trato o reciclaje.	SPE
GOLPE POR ACCIÓN PERSONAL O DE OTROS	Se pueden producir por movimientos que no son anticipados.	SPE
ENTRADA DE GAS CALIENTE	Los diferentes procesos producen reacciones químicas las cuales emanan gases, exponiendo a diferentes áreas a la contaminación por dichos gases.	SPE
MANIPULACIÓN DE MATERIAL CALIENTE	Los materiales o equipos con los cuales se trabajan están sometidos a temperaturas altas de trabajo, por lo cual la transferencia de calor hacia el operador es inmediata	SPE
SOFOCACIÓN	Es la obstrucción de las vías respiratorias, impidiendo el paso de aire, provocada por un objeto.	SPE
CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA	Se produce por desechos como gases residuales de la combustión, o polvos que son expuestos al medio ambiente.	
POSTURA INADECUADAS	El operador realiza trabajos en posturas que causan dolores musculares, que afectan directamente a la salud del operador y se las aprecia a lo largo del tiempo.	SPE
CONDICIONES INCLEMENTES DE TIEMPO	Las condiciones ambientales de un día son impredecibles, por lo cual se debe estar apto para cualquier eventualidad.	SPE
HERIDAS CAUSADAS POR PROYECCIONES	Se pueden ocasionar laceraciones, cortes, alergias, quemaduras,	SPE
TRABAJO COMPLETO	Para asegurar que un trabajo está completo se debe cerciorar que todos los trabajadores hayan retirado sus candados de bloqueo.	FIN
ROTACIÓN DE HORNO	El horno por su gran envergadura y temperatura, al realizar el movimiento de rotación puede ocasionar aplastamientos, exposición a partículas por desgaste en los rodillos de apoyo, vibraciones, quemaduras.	NEU

Continúa →

MATRIZ DE RIESGOS		
SPE	<i>Específico</i>	
NEU	<i>Neutralizado</i>	
DIS	<i>Distribuido</i>	
PRE	<i>Preventivo</i>	
FIN	<i>Finalizado / Aislado con Documento</i>	
RIESGO	DESCRIPCIÓN	TIPO
ENERGIA CINÉTICA	Es la consecuencia de un movimiento producido por un equipo, por ende los equipos en movimiento tienen gran cantidad de energía cinética de tal manera que pueden atrapar, aplastar u ocasionar lesiones graves al trabajador.	SPE
BAJAS TEMPERATURAS	El trabajador sufre alteraciones fisiológicas por encontrarse expuesto a ambientes específicos de frío extremo (atmosférico o ambiental).	SPE
EXPOSICIÓN EXTENSA A LUBRICANTES, CANCERIGENOS.	La exposición constante a diferentes tipos de lubricantes o sustancias cancerígenas requiere el control exhaustivo para evitar alteraciones genéticas que puedan ocasionar el cáncer.	SPE
ROTACIÓN DE MOLINO	Provoca atrapamientos, aplastamiento, atoramientos en los cuales o impactos violentos sin previo aviso.	NEU
MANIPULACIÓN DE CARGAS	Fatiga muscular, que se traducirá en patología osteomuscular, aumento del riesgo de accidente, disminución de la productividad y calidad del trabajo, en un aumento de la insatisfacción personal o en incomfort. La fatiga física se estudia en cuanto a trabajos estáticos y dinámicos.	SPE
EXPOSICIÓN AL RUIDO	El ruido es un contaminante físico que se transmite por el aire mediante un movimiento ondulatorio. Se genera ruido en: Motores eléctricos o de combustión interna, escapes de aire comprimido, rozamientos o impactos de partes metálicas, funcionamiento de los conjuntos de los equipos, áreas cerradas.	SPE
EXPOSICIÓN A FUGAS DE ACEITE	Pueden producirse diversos tipos de accidentes como por ejemplo resbalones, tropiezos, caídas, manchas, problemas dérmicos.	SPE
INHALACIÓN DE VAPORES ORGÁNICOS	Pueden convertirse en vapores volátiles e inflamables, que causan enfermedades graves.	SPE
ELECTROCUSIÓN	Se produce por una descarga directa de energía eléctrica.	SPE
PELIGRO MATERIAL SUSPENDIDO	Existen materiales que por trabajos que se realizan en un determinado momento, se encuentran suspendidos a un diferente nivel, pudiendo estos caerse de forma inesperada.	SPE
SICÓLISIS	Trabajo con arena silíceo	PRE

Continúa →

MATRIZ DE RIESGOS		
	SPE	<i>Específico</i>
	NEU	<i>Neutralizado</i>
	DIS	<i>Distribuido</i>
	PRE	<i>Preventivo</i>
	FIN	<i>Finalizado / Aislado con Documento</i>
RIESGO	DESCRIPCIÓN	TIPO
ASFIXIA	Se produce por la inhalación de sustancias como dióxido de carbono, butano, hidrógeno, monóxido de carbono, ácido cianhídrico, plomo.	PRE
ENERGÍA NEUMÁTICA	Energía que emplea aire comprimido, no la podemos apreciar, excepto cuando se al ser empujados o recibir una descarga de aire.	DIS
USO INAPROPIADO DE HERRAMIENTAS	Comprende los cortes, golpes, o punzamientos que el trabajador recibe por acción de un objeto o herramienta, siempre que sobre estos actúen otras fuerzas diferentes a la gravedad, se incluye martillazos, cortes con tijeras, cuchillos, filos y punzamientos con: agujas, cepillos, etc.	SPE
RIESGOS PRELIMINARES	Se debe tomar en cuenta varias precauciones antes de empezar cualquier tipo de trabajo en los diferentes equipos.	PRE
HERIDAS POR PROYECCIÓN	La forma de una proyección en su momento no se puede evaluar, estas proyecciones pueden causar laceraciones, cortes, quemaduras, activar algún tipo de alergia, hasta podrían empujar a un operador ocasionando caídas de diferente nivel.	SPE
PROYECCIÓN DE PARTÍCULAS	La proyección por partículas puede suceder en momentos inoportunos, y a su vez son incontrolables una vez que sucede. Puede ocasionar accidentes graves.	SPE
PROYECCIÓN DE GRASA BAJO PRESIÓN	Los elementos que funcionan con lubricación pueden desprender contenidos de grasa a grandes velocidades sin previo aviso.	SPE
EXPOSICIÓN A RADIACIÓN NO IONIZANTE	La exposición a la radiación no ionizante, frecuencias ópticas (infrarrojo, visible, ultravioleta), presenta una serie de riesgos, fundamentalmente para la visión, que deben tenerse en cuenta.	SPE
HERRAMIENTAS PARA IZAR	Herramientas para izar no deben estar sueltas, se pueden caer diferentes accidentes en cualquier momento.	SPE
AHOGAMIENTO	Un ahogamiento se produce por la ausencia de aire en el ambiente de trabajo, esto se debe a presencia de gases contaminantes, o que el trabajador esté dentro de una piscina de algún líquido.	SPE
IRRITACIÓN DE PIEL POR SOLVENTES	Se pueden presentar diversos tipos de afectaciones, e irritaciones en la piel por los diferentes tipos de solventes en los cuales está presente.	SPE


Continúa →

MATRIZ DE RIESGOS		
SPE	<i>Específico</i>	
NEU	<i>Neutralizado</i>	
DIS	<i>Distribuido</i>	
PRE	<i>Preventivo</i>	
FIN	<i>Finalizado / Aislado con Documento</i>	
RIESGO	DESCRIPCIÓN	TIPO
SUPERFICIES IRREGUALES	Los empleados podrían tener afecciones osteomusculares (lesión dolorosa) por distensión de varios ligamentos en las articulaciones de las extremidades inferiores por efecto a caminar o transitar por superficies irregulares o resbalosas	SPE
ENERGÍA - GRAVITACIONAL	Un objeto puede adquirir energía cuando se desplaza hacia un nivel de referencia, por lo tanto incrementa su velocidad.	DIS
ENERGÍA – HIDRÁULICA	Es un tipo de energía potencialmente peligrosa por la gran cantidad de masa que se mueve, por lo tanto los riesgos específicos son considerables.	DIS
EXPLOSIÓN DE NEUMÁTICOS	Los neumáticos pueden explotar debido a varias causas como materiales inesperados por el área que se transita, exceso de carga, o un inadecuado mantenimiento.	SPE
TRÁFICO	Se puede producir por el inadecuado control en las zonas que se transitan, por lo cual se debe procurar tener flujos controlados.	SPE
TROPEZONES	Se pueden ocasionar tropezones por materiales o equipos, tanto móviles como inmóviles que se encuentran por las zonas que se transitan, o también por no aislar un área en la cual se va a realizar el trabajo.	SPE
ROTURA DE CABLES	Los cables al trabajar a tracción pueden empezar deshilándose o sufrir roturas sin previo aviso provocando accidentes de gran alcance según donde estos estén trabajando.	SPE
ENERGÍA A ELÉCTRICA	Se puede ocasionar electrocuciones si no se aísla la energía eléctrica de un equipo.	DIS
ENERGIA CINÉTICA	Es la energía que un cuerpo posee debido a su movimiento, de tal manera que existe un potencial riesgo de que si un equipo falle, sus elementos tengan movimientos impredecibles.	DIS
INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD GENERAL - PARO DE INSPECCIÓN	Se debe tomar todas las medidas preventivas para prever un accidente, tomando en cuenta todos los riesgos posibles.	PRE
INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD GENERAL -INSPECCIÓN EN CURSO	Se debe proceder con cautela, trabajando con los 5 sentidos y observando a detalle cada procedimiento.	PRE


Continúa →

MATRIZ DE RIESGOS		
	SPE	<i>Específico</i>
	NEU	<i>Neutralizado</i>
	DIS	<i>Distribuido</i>
	PRE	<i>Preventivo</i>
	FIN	<i>Finalizado / Aislado con Documento</i>
RIESGO	DESCRIPCIÓN	TIPO
PRECAUCIÓN GENERAL	Se ponen en alerta todas las precauciones que los trabajadores deben tener en cuenta para cualquier trabajo.	PRE
PROTECCIÓN GENERAL	Se deben utilizar los equipos de protección obligatorios y adicionales según la necesidad.	PRE
PREVENCIÓN GENERAL	Cada trabajador debe conocer que factores debe prevenir para evitar que un accidente suceda.	PRE
MSDS GENERAL	Las hojas de datos de seguridad de los materiales son de suma importancia para saber cómo se deben manipular los diferentes materiales.	PRE
MEDIDAS FINALES	Todas las medidas y decisiones en cuanto a la seguridad deben estar expuestas a todos los trabajadores y a su vez se deben conocer sobre los procedimientos que se va a realizar.	FIN
INSTRUCCIÓN FINAL DE SEGURIDAD - PARO DE INSPECCION	Observar en detalle cada una de los procedimientos que se debe realizar.	FIN
HOJAS SEGURAS DE DATOS DE MATERIALES FINAL	Dan a conocer una descripción clara de cada uno de los riesgos de los materiales.	FIN
POTENCIAL MOVIMIENTO ACCIDENTAL	Existen movimientos tanto del trabajador como de la máquina que pueden ocasionar accidentes graves, por lo cual es importante identificar los movimientos peligrosos.	NEU
MATERIAL PELIGROSO	Son sustancias líquidas, sólidas o gaseosas que por sus características al estar fuera de control pueden ocasionar graves accidentes.	SPE
MATERIAL DANINO	Son sustancias líquidas, sólidas o gaseosas que pueden dañar la salud humana o el medio ambiente si no se los manipula de la manera correcta.	SPE
MATERIAL RIESGOSO	Son materiales que al ser inestables aumentan la probabilidad de causar un accidente.	SPE
MATERIAL INSEGURO	Son materiales que no prestan las condiciones de seguridad necesarias como para manipularlos fácilmente.	SPE


Continúa →

MATRIZ DE RIESGOS			
	SPE	<i>Específico</i>	
	NEU	<i>Neutralizado</i>	
	DIS	<i>Distribuido</i>	
	PRE	<i>Preventivo</i>	
	FIN	<i>Finalizado / Aislado con Documento</i>	
RIESGO	DESCRIPCIÓN	TIPO	
FUEGO	Existen llamas con las cuales se trabaja constantemente, o materiales altamente inflamables, por lo cual es indispensable identificar muy bien las zonas donde estas se localizan.	SPE	
INSPECCIÓN DE SEGURIDAD DE GRÚA	Pueden existir riesgos de caídas a diferente nivel, tropiezos o golpes que puedan causar un accidente.	SPE	
ILUMINACIÓN INADECUADA	La falta de iluminación puede ocasionar fatiga, dolor de cabeza, cansancio, estrés, accidentes y hasta puede llegar a dañar la vista, por lo cual es importante tener la iluminación necesaria en el área de trabajo.	SPE	
TRABAJO EN TERMOCUPLAS	Pueden existir los sobrecalentamientos de las superficies, exponiendo al trabajador a quemaduras por contacto térmico	SPE	
LOTOTO	Procedimiento específico de bloqueo de cualquier tipo de energía.	NEU	
REQUERIMIENTO POTENCIAL DE ENTRENAMIENTO	Se necesitan entrenamientos para los diversos tipos de trabajo, como en áreas confinadas, y en alturas.	SPE	
MANEJO DE MATERIAL DE ASBESTO INFLAMABLE	El asbesto es un material inestable que puede tener la capacidad de detonarse o explotar.	SPE	
INTOXICACIÓN	Pueden afectar directamente al sistema nervioso central, hígado, riñones por el contacto o inhalación de sustancias como alcohol metílico, mercurio, magnesio, sulfuros.	SPE	
ATRAPAMIENTO POR OBJETOS O ENTRE OBJETOS	El cuerpo o una extremidad puede quedar atorada por:	SPE	
	- Piezas que engranan	SPE	
	- Un objeto móvil y otro inmóvil	SPE	
	- Dos o más objetos móviles que no engranan	SPE	
ATRAPAMIENTO POR VUELCO DE MÁQUINAS O CARGA	El trabajador queda atrapado por el vuelco de tractores, caretilas, vehículos o máquinas	SPE	
ATROPELLO O VUELCO CON VEHÍCULO	Comprende los atropellos de trabajadores por vehículos que circulen por el área en la que se encuentre laborando.	SPE	
CHOQUE CONTRA OBJETOS INMÓVILES	Interviene el trabajador como parte dinámica y choca, golpea, roza o raspa un objeto móvil	SPE	
	Áreas de trabajo no delimitadas, no señalizadas y con visibilidad insuficiente		

Continúa →

MATRIZ DE RIESGOS			
	SPE	<i>Específico</i>	
	NEU	<i>Neutralizado</i>	
	DIS	<i>Distribuido</i>	
	PRE	<i>Preventivo</i>	
	FIN	<i>Finalizado / Aislado con Documento</i>	
RIESGO	DESCRIPCIÓN		TIPO
CHOQUE DE OBJETOS DESPRENDIDOS	<p>Considera el riesgo de accidente por caídas de herramientas, objetos, aparatos o materiales sobre el trabajador que no los está manipulando.</p> <p>Falta de resistencia en estanterías y estructuras de apoyo para almacenamiento.</p> <p>Inestabilidad de los apilamientos de materiales.</p>		SPE
DESPLOME/DERRUMBAMIENTO	<p>Comprende los desplomes, total o parcial, de edificios, muros, andamios, escaleras, materiales apilados, etc. y los derrumbamientos de masas de tierra, rocas, aludes, etc.</p> <p>Inestabilidad de los apilamientos de materiales.</p>		SPE
MANEJO DE EXPLOSIVOS	<p>Liberación brusca de una gran cantidad de energía que produce un incremento violento y rápido de la presión, con desprendimiento de calor, luz y gases, pudiendo tener su origen en distintas formas de transformación.</p>		SPE
PUNZONAMIENTO DE EXTREMIDADES INFERIORES	<p>Incluye los accidentes que son consecuencia de pisadas sobre objetos cortantes o punzantes (clavos, chinchetas, chapas, etc.) pero que no originan caídas.</p>		SPE
INMERSIÓN EN LÍQUIDOS O MATERIAL PARTICULADO	<p>Muerte por sofocación posterior a inmersión en reservorios de líquidos o silos.</p> <p>Casi ahogamiento. Lesión de suficiente severidad para requerir atención médica, puede condicionar morbilidad y muerte, tiene una supervivencia mayor a 24 horas, tras asfixia por líquidos.</p>		SPE
RADIACIÓN IONIZANTE	<p>Son aquellas radiaciones electromagnéticas que al atravesar la materia son capaces de producir la ionización de la misma</p>		NEU
TEMPERATURA AMBIENTE	<p>Las actividades del puesto de trabajo son realizadas al aire libre y en áreas calurosas o frías que puede dar lugar a fatiga y a un deterioro de falta de productividad del trabajo realizado</p>		NEU
VIBRACIONES	<p>La exposición a vibraciones se produce cuando se transmite a alguna parte del cuerpo el movimiento oscilante de una estructura. La vibración puede causar una desconformidad, pérdida de precisión al ejecutar movimientos, pérdida de rendimiento debido a la fatiga, hasta alteraciones graves de la salud.</p>		NEU


Continúa →

MATRIZ DE RIESGOS		
SPE	<i>Específico</i>	
NEU	<i>Neutralizado</i>	
DIS	<i>Distribuido</i>	
PRE	<i>Preventivo</i>	
FIN	<i>Finalizado / Aislado con Documento</i>	
RIESGO	DESCRIPCIÓN	TIPO
EXPOSICIÓN A QUÍMICOS	Los contaminantes químicos son sustancias de naturaleza química en forma sólida, líquida o gaseosa que penetran en el cuerpo del trabajador por vía dérmica, digestiva, respiratoria o parenteral. El riesgo viene definido por la dosis que a su vez se define en función del tiempo de exposición y de la concentración de dicha sustancia en el ambiente de trabajo.	SPE
CONTAMINANTES BIOLÓGICOS	Son contaminantes constituidos por seres vivos. Son los microorganismos patógenos para el hombre. Estos microorganismos pueden estar presentes en puestos de trabajo de laboratorios de microbiología y hematología, primeras manipulaciones textiles de lana, contacto con animales o personas portadoras de enfermedades infecciosas, etc.	NEU
ACCIDENTES CAUSADOS POR SERES VIVOS	Se incluyen los accidentes causados directamente por animales e insectos.	NEU
SOBRE-ESFUERZO	Riesgos originados por el manejo de cargas pesadas o por movimientos mal realizados: Al levantar objetos. Al estirar o empujar objetos. Al manejar o lanzar objetos	SPE
CALIDAD DE AIRE INTERIOR	Niveles de concentración de dióxido de carbono (CO ₂) en oficinas superiores a 1000 ppm genera molestias y cansancio	SPE
POSICIONES FORZADAS	La carga física del trabajo se produce como consecuencia de las actividades físicas que se realizan para la consecución de dicha tarea. Consecuencia directa de una carga física excesiva será la fatiga muscular, que se traducirá en patología osteomuscular, aumento del riesgo de accidente, disminución de la productividad y calidad del trabajo, en un aumento de la insatisfacción personal o en inconfort. La fatiga física se estudia en cuanto a trabajos estáticos y dinámicos. En cuanto a la posición, clasificaremos los trabajos en cuanto a que se realicen de pie, sentado o de forma alternativa.	SPE

Continúa →

MATRIZ DE RIESGOS		
	SPE	<i>Específico</i>
	NEU	<i>Neutralizado</i>
	DIS	<i>Distribuido</i>
	PRE	<i>Preventivo</i>
	FIN	<i>Finalizado / Aislado con Documento</i>
RIESGO	DESCRIPCIÓN	TIPO
PUESTO DE TRABAJO CON PANTALLA DE VISUALIZACIÓN DE DATOS (PDV)	Se ha producido una revolución tecnológica cuyo exponente más importante sea quizá el uso del ordenador (pantalla de visualización de datos PVD). Se revisarán los aspectos referentes a las condiciones de trabajo que deben reunir la sala, la pantalla, el teclado, la impresora, la mesa, la silla, así como otras cuestiones colaterales como la luz, instalación eléctrica, fatiga visual o fatiga postural.	SPE
CONFORT TÉRMICO	El confort térmico depende del calor producido por el cuerpo y de los intercambios entre éste y el medio ambiente.	SPE
MOVIMIENTOS REPÉTITIVOS	Grupo de movimientos continuos, mantenidos durante un trabajo que implica al mismo conjunto osteo muscular provocando en el mismo fatiga muscular, sobrecarga, dolor y por último lesión	SPE
TURNOS ROTATIVOS	Exceso de carga horaria de trabajo.	SPE
TURNOS NOCTURNOS	Exceso de carga horaria de trabajo.	SPE
TRABAJO A PRESIÓN	Demasiadas responsabilidades en un corto tiempo.	SPE
ALTA RESPONSABILIDAD	Compromiso para cumplir trabajos establecidos.	SPE
SOBRECARGA MENTAL	Pensar solamente en el trabajo.	SPE
MINUCIOSIDAD DE LA TAREA	Ser estricto y cuidar los detalles perfectamente	SPE
TRABAJO MONÓTONO	Trabajar con tareas repetitivas.	SPE
INESTABILIDAD EN EL EMPLEO	Temor a perder su trabajo	SPE
DÉFICIT EN LA COMUNICACIÓN	No comunicarse por varias razones con los compañeros de trabajo.	SPE
INADECUADA SUPERVISIÓN	El trabajador puede realizar que no le corresponden	SPE
RELACIONES PERSONALES INADECUADAS	Problemas familiares.	SPE
DESMOTIVACIÓN	Inestabilidad emocional.	SPE
DESARRAIGO FAMILIAR	El trabajador tiene inestabilidad familiar.	SPE
AGRESIÓN O MALTRATO (Palabra u Obra)	Peleas o riñas por cosas sin sentido.	SPE

Continúa →

MATRIZ DE RIESGOS		
SPE	<i>Específico</i>	
NEU	<i>Neutralizado</i>	
DIS	<i>Distribuido</i>	
PRE	<i>Preventivo</i>	
FIN	<i>Finalizado / Aislado con Documento</i>	
RIESGO	DESCRIPCIÓN	TIPO
TRATO CON CLIENTES Y USUARIOS	Relación con el cliente inadecuada.	SPE
AMENAZA DELICUENCIAL	El trabajador puede sufrir un acto delictivo	SPE
INESTABILIDAD EMOCIONAL	El trabajador puede tener varias emociones que no controla.	SPE
MANIFESTACIONES PSICOSOMÁTICAS	Se puede desarrollar una enfermedad a causa de los problemas que se presentan	SPE

4.4 CARTILLAS DE BLOQUEO DE EQUIPOS COMPONENTES DE LOS EQUIPOS.

4.4.1 CARTILLA DE BLOQUEO MOLINO DE CRUDO 1



CARTILLA DE BLOQUEO DE EQUIPOS No.

Fec
Solicitar
Equipo a Intervenir :
Ubicación:

Usuario:
Contratista:

Bloqueo Eléctrico	Nombre	Fecha	Hora	Firma
DEENERGIZADO POR				
ENERGIZADO POR				

COMPONENTES DEL EQUIPO :

Código	Descripción
	MOTOR MOLINO DE CRUDO 309.00 SPRAY DE AGUA ACONDICIONAMIENTO AUXILIAR

EQUIPOS A BLOQUEAR :

Candado No.	Equipo	Descripción	Posición MCC / Breaker	VCS	Bloquear?
1		MOTOR BOMBA SPRAY AGUA 309.0A			
2		MOTOR BANDA TRANSPORTADORA 339.00			
3		MOTOR PRINCIPAL 309.00			
4		MOTOR VENTILADOR 2 DE SELLO 309.0F			
5		MOTOR VENTILADOR 1 DE SELLO 309.0E			
6		MOTOR PULL RODS UNIDAD HIDRAULICA 309			
7		MOTOR AUXILIAR, MOLINO- 309.0K			
8		MOTOR UNIDAD DE LUBRICACION REDUCTOR			
9		MOTOR BOMBA DE ACEITE BAJA PRESIÓN 3			
10		MOTOR BOMBA DE ACEITE ALTA PRESIÓN 3			
11		MOTOR SEPARADOR 309.0D			
12		MOTOR COMPUERTA BECK ENTRADA MOLINO 3			
13		MOTOR ACTUADOR BECK SALIDA DEL MOLIN			
14		MOTOR ACTUADOR BECK BYPASS DEL MOLINO			
15		MOTOR VÁLVULA TRIPLE 309.0B			

BLOQUEO MECANICO /OTRAS FUENTES DE ENERGIA :

Candado No.	Equipo	Descripción
1		ACCIONADOR ROCIADOR DE AGUA
2		ACONDICIONAMIENTO AUXILIAR
3		VALVULA BECK 315.0A
4		VALVULA BECK 315.0C
5		VALVULA BECK 315.0D

Figura 48: Cartilla de Bloqueo del Molino de Crudo.

4.4.2 CARTILLA DE BLOQUEO MOLINO DE CEMENTO 1



CARTILLA DE BLOQUEO DE EQUIPOS No.

Fe
SolicitaUsuario:
Contratista:Equipo a Intervenir :
Ubicación:

Bloqueo Eléctrico	Nombre	Fecha	Hora	Firma
DESENERGIZADO POR				
ENERGIZADO POR				

COMPONENTES DEL EQUIPO :

Codigo	Descripcion
	Unidad de lubricación , Cojinete Motor Unidad de Lubricación piñon corona Unidad de lubricación cojinete Unidad de Lubricación Cojiente Molino MOLINO DE CEMENTO 707.00

EQUIPOS A BLOQUEAR :

Candado No.	Equipo	Descripción	Posición MCC / Breaker	VCS	Bloquear?
1		SPRAY DE AGUA CAMARA 1 707.0H			
2		SPRAY DE AGUA CAMARA 2 707.0N			
3		BANDA TRANSPORTADORA 701.00			
4		BANDA TRANSPORTADORA 714.00			
5		MOTOR PRINCIPAL MOLINO DE CEMENTO 1			
6		VENTILADOR 709.0C			
7		VENTILADOR 720.0A			
8		ACOPLAMIENTO			
9		ACCIONAMIENTO AUXILIAR MOLINO 707.0M			
10		UNIDAD DE LUBRICACIÓN 707.0K			
11		UNIDAD DE LUBRICACIÓN 707.0L			
12		Bomba de alta presión			
13		Bomba de baja presión			
14		Bomba de alta presión			
15		Bomba de baja			
16		MOLINO DE CEMENTO 707.00			
17		MEDIDOR FLUJO DE MATERIAL 725.00			

BLOQUEO MECANICO /OTRAS FUENTES DE ENERGIA :

Candado No.	Equipo	Descripción
1		VALVULA DE AIRE A PRESIÓN DEL SPRAY
2		ACOPLAMIENTO
3		VALVULA DE CONTRAPESO
4		VALVULA DE CONTRAPESO

Figura 49: Cartilla de Bloqueo del Molino de Cemento.

CAPÍTULO 5

IMPLEMENTACIÓN Y VALIDACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS TECNOLÓGICOS DE MANTENIMIENTO Y SISTEMA DE SEGURIDAD FUNCIONAL.

5.1 IMPLEMENTACIÓN DE LOS PROCESOS TECNOLÓGICOS DE MANTENIMIENTO.

La implementación de los Procedimientos de Mantenimiento se los realiza mediante el Software de la Compañía, para lo cual se tiene el ciclo:

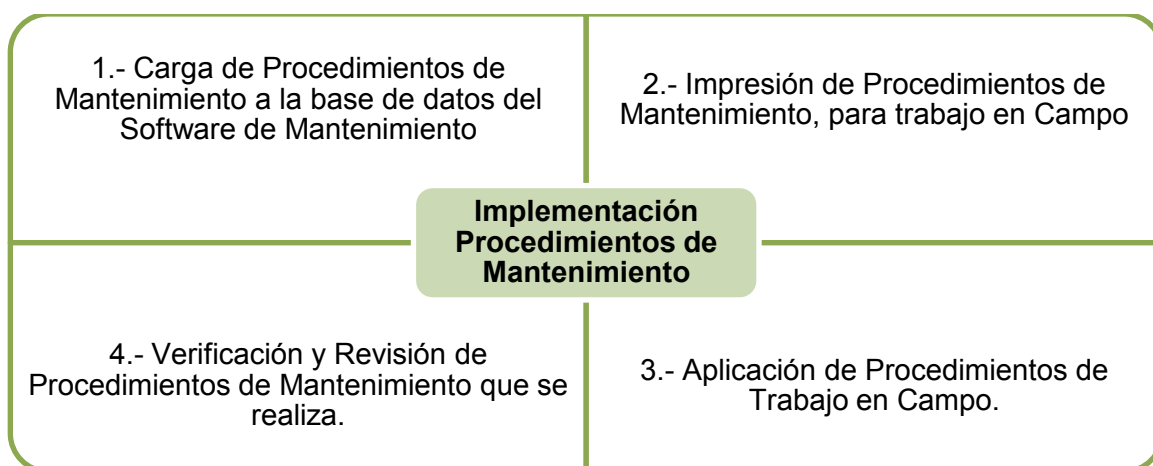


Figura 50: Implementación de los Procedimientos de Mantenimiento.

Los procedimientos que se cargan en la base de datos de la compañía, son aquellos que corresponden al capítulo 3.

5.2 CAPACITACIÓN DEL PERSONAL:

Para la adecuada implementación de los Procedimientos de Mantenimiento, se realiza la capacitación al personal con las siguientes actividades:

- Dar retroalimentación formal para mejorar cada Procedimiento de Mantenimiento para uso futuro.
- Comprobar el contenido, y garantizar que los Procedimientos de Mantenimiento son correctos, si se incorporan nuevos elementos, el usuario es responsable de aplicar las precauciones durante la ejecución de la tarea.
- Verificar que los peligros y las precauciones están claramente identificados (añadir otras precauciones si es necesario).
- Los documentos deben regresar a métodos para actualizar la información en el sistema
- El valor límite mínimo, aceptado por estándares de LAFARGE Cementos S.A. para la confiabilidad en los Molinos tanto de Crudo como de Cemento es del 96%.

5.3 CONFIABILIDAD

5.3.1 CONFIABILIDAD ANTES DEL PROYECTO

Tabla 16.

Confiabilidad del Molino de Crudo antes del proyecto.

PERIODO	oct-13	nov-13	dic-13	ene-14
Factor de Utilización	75,19	91,28	95,44	85,71
Factor de Confiabilidad	96,37	98,3	98,01	92,29
Número de días consecutivos sin Paro	4	3	9	4
Número de paros por incidente	14	29	27	33
Tiempo Medio Entre Fallas (H) MTBF	39,96	22,66	26,3	19,32
Horas Acumuladas de Paros por Incidentes (H) CHSI	21,05	11,37	14,38	53,28
Promedio de Paros Incidentales	0,87	0,41	0,48	1,85

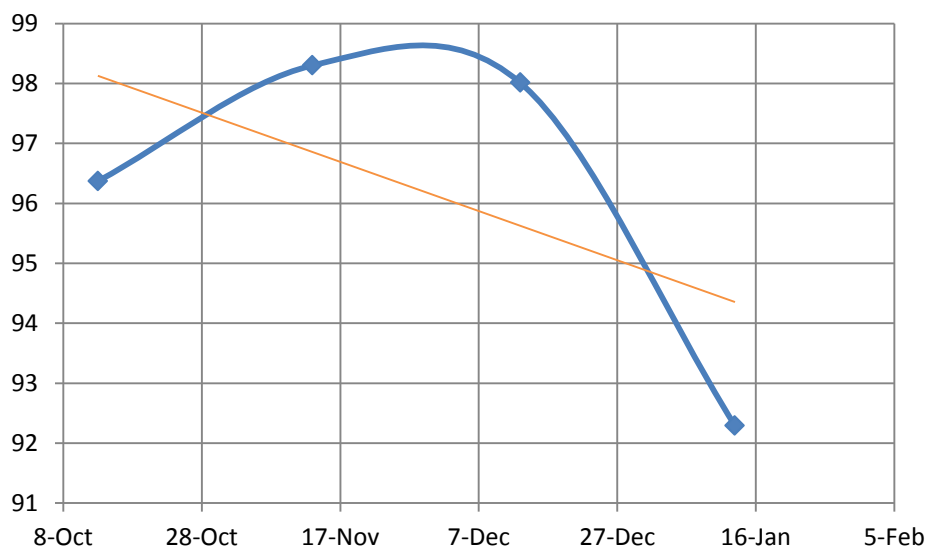
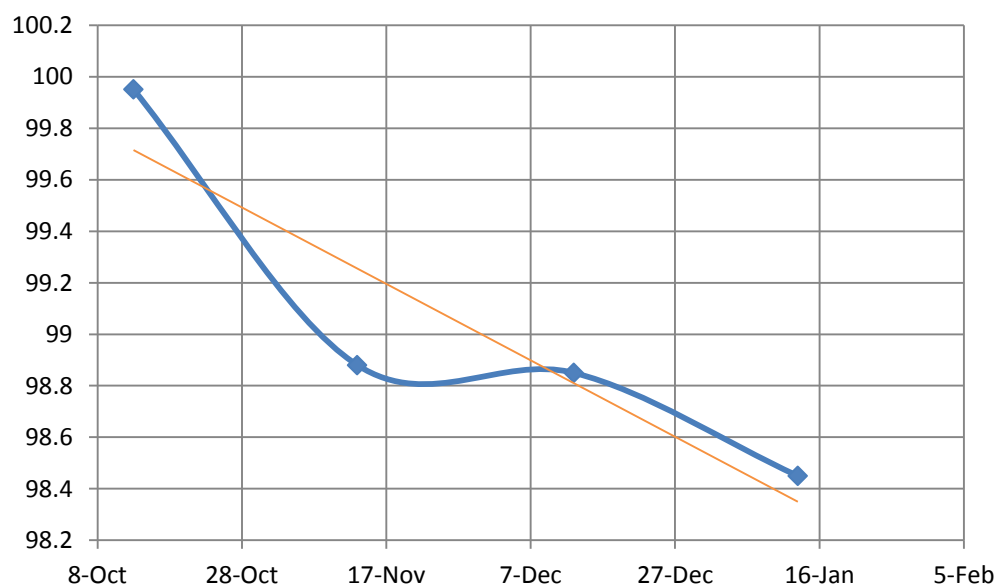


Figura 51: Confiabilidad del Molino de Crudo antes del Proyecto.

Tabla 17.

Confiabilidad del Molino de Cemento antes del proyecto.

PERIODO	oct-13	nov-13	dic-13	ene-14
Factor de Utilización	92,51	93,32	86,85	88,81
Factor de Confiabilidad	99,95	98,88	98,85	98,45
Número de días consecutivos sin Paro	13	5	11	6
Número de paros por incidente	1	11	8	7
Tiempo Medio Entre Fallas (H) MTBF	688,27	61,08	80,77	94,39
Horas Acumuladas de Paros por Incidentes (H) CHSI	0,33	7,62	7,5	10,42
Promedio de Paros Incidentales	0,01	0,27	0,28	0,37

**Figura 52:** Confiabilidad del Molino de Cemento antes del Proyecto.

5.3.2 CONFIABILIDAD DESPUÉS DEL PROYECTO

Tabla 18.

Confiabilidad del Molino de Crudo después del proyecto.

PERIODO	feb-14	mar-14	abr-14	may-14	jun-14	jul-14	ago-14
Factor de Utilización	54,75	66,7	90,85	77,24	90,44	87,38	77,92
Factor de Confiabilidad	97,46	85,55	96,4	92,18	99,52	97,66	96,58
Número de días consecutivos sin Paro	5	4	7	3	5	4	4
Número de paros por incidente	5	17	23	21	8	16	32
Tiempo Medio Entre Fallas (H) MTBF Horas	73,59	29,19	28,44	27,37	81,39	40,63	18,12
Acumuladas de Paros por Incidentes (H) CHSI	9,58	83,85	24,43	48,73	3,12	15,59	20,53
Promedio de Paros Incidentales	0,61	3,47	0,86	1,88	0,11	0,56	0,82

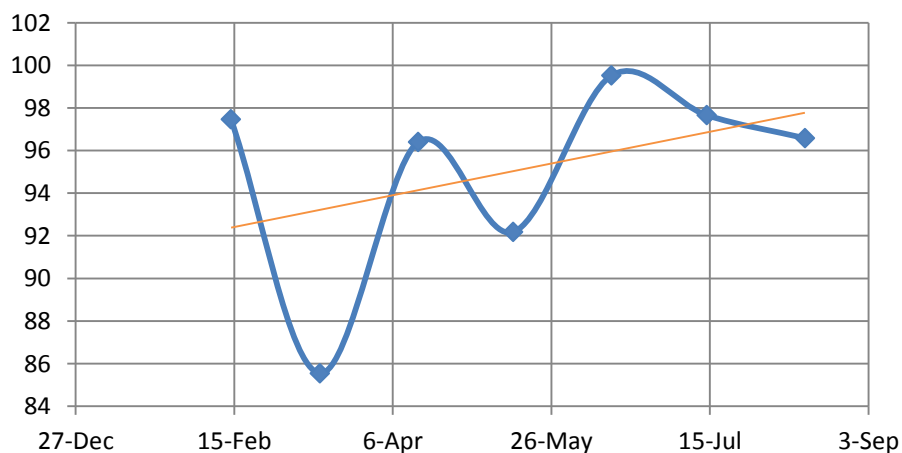
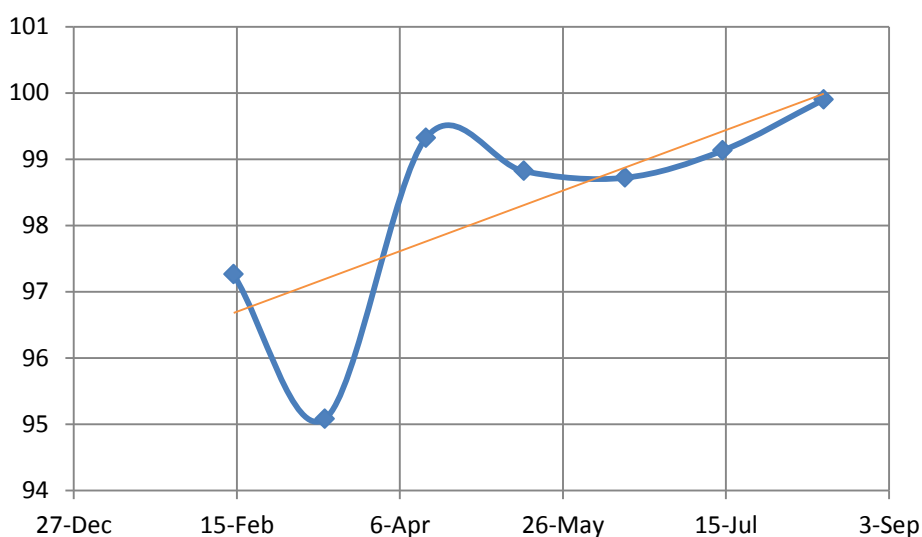


Figura 53: Confiabilidad del Molino de Crudo después del Proyecto.

Tabla 19.

Confiabilidad del Molino de Cemento después del proyecto.

PERIODO	feb-14	mar-14	abr-14	may-14	jun-14	jul-14	ago-14
Factor de Utilización	95,83	89,1	82,91	84,86	78,66	84,42	98,83
Factor de Confiabilidad	97,26	95,08	99,32	98,82	98,72	99,13	99,9
Número de días consecutivos sin Paro	7	4	8	8	6	4	17
Número de paros por incidente	9	21	7	6	5	8	2
Tiempo Medio Entre Fallas (H) MTBF	71,55	31,57	85,28	105,22	113,27	78,51	367,63
Horas Acumuladas de Paros por Incidentes (H) CHSI	18,15	34,28	4,08	7,53	7,37	5,48	0,77
Promedio de Paros Incidentales	0,66	1,18	0,16	0,28	0,31	0,21	0,03

**Figura 54:** Confiabilidad del Molino de Cemento después del Proyecto.

5.4 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE SEGURIDAD FUNCIONAL OPTIMIZADO.

El sistema de seguridad funcional, permite al operador o inspector, realizar las tareas de manera eficaz y oportuna, disminuyendo tiempos de rutas, al tener un Check List con funciones específicas.

5.4.1 CHECK LIST DE SEGURIDAD FUNCIONAL

Para la elaboración del Check List de Seguridad Funcional se toman en cuenta los siguientes parámetros:

Ítem:

Descripción de actividad del componente o equipo que se analiza.

Descripción:

Acciones correctivas a realizar.

Defecto del Elemento o Equipo:

Desgaste:

Disminución de las medidas de un elemento, debido a la fricción o contacto con otros elementos.

Grietas:

Abertura o separación en un elemento, producto de cargas de trabajo.

Incrustación:

Introducción de un componente en otro, se puede dar por cargas excesivas de trabajo.

Des-alineamiento:

Presencia de una excentricidad en un elemento que rota.

Rotura:

Fragmentación de un componente en dos o más partes, pierde su forma original.

Estado del Elemento o Equipo:

Deficiente:

Componentes en condiciones no aptas para trabajar

Regular:

Componente que necesita una evaluación constante, para su correcto funcionamiento

Óptimo:

Componente en condiciones de seguridad aptas para trabajar.

Ver:

ANEXO E: CHECK LIST SEGURIDAD FUNCIONAL MOLINO DE CRUDO 1

ANEXO F: CHECK LIST SEGURIDAD FUNCIONAL MOLINO DE CEMENTO 1

5.5 EVALUACIÓN DE RESULTADOS CON OPERADORES Y TÉCNICOS DE MANTENIMIENTO.

5.5.1 TIEMPOS INHERENTES ANTES DEL PROYECTO.

Tabla 20.

Tiempos Inherentes antes del proyecto, Molino de Crudo.

Equipos	Procedimiento de Trabajo Mecánicos	Procedimiento de Trabajo [HH]	N° Operadores	Tiempo [H]
Separador	Cambio de Aletas del Separador Dinámico	8	2	4
Separador	Cambio de Aletas del Separador Estático	8	2	4
Sprays de Agua	Cambio de Carcazas	6	1	6
Sprays de Agua	Cambio de Boquillas	4	1	4
Ruedas Moledoras	Reparación de protectores de pernos	6	1	6
Ruedas Moledoras	Cambio de segmentos de ruedas	10	2	5
Ruedas Moledoras	Reparación de carcasa de protección	10	2	5
Ruedas Moledoras	Cambio de felpas y cauchos	8	2	4
Ruedas Moledoras	Cambio de Rueda	60	5	12
Anillo de Gases	Reparación de placas de anillo de gases	10	2	5
Anillo de Gases	Cambio de felpas y cauchos	8	2	4
Mesa de Molienda	Cambio de Mesa	60	5	12
Reductor	Cambio de Aceite	4	2	2
Reductor	Cambio de Reductor	60	5	12
Chute de Carga	Reparación de Chute de Carga	6	1	6
Chute de Descarga	Reparación de Chute de Descarga	6	1	6
Cilindro Hidráulico	Cambio de Aceite	4	2	2
Cilindro Hidráulico	Cambio de Cilindro	24	3	8

Tabla 21.

Tiempos Inherentes antes del proyecto, Molino de Cemento.

Equipos	Procedimiento de Trabajo Mecánicos	Procedimiento de Trabajo [HH]	Número de Operadores	Tiempo total [H]
Separador	Cambio de Aletas del Separador Dinámico	8	2	4
Separador	Cambio de Aletas del Separador Estático	8	2	4
Sprays de Agua	Cambio de Carcazas	6	1	6
Sprays de Agua	Cambio de Boquillas	4	1	4
Cámara 1	Reparación de Incrustaciones en planchaje radial.	6	1	6
Cámara 1	Reparación de Incrustaciones en Mamparas	6	1	6
Cámara 1	Reparación de Incrustaciones en tabique	6	1	6
Cámara 1	Cambio de Planchaje Radial	18	3	6
Cámara 1	Cambio de Mamparas de Entrada	18	3	6
Cámara 1	Cambio de Mamparas de Salida	18	3	6
Cámara 1	Carga de Bolas	4	2	2
Cámara 2	Reparación de Incrustaciones en planchaje radial.	4	1	4
Cámara 2	Reparación de Incrustaciones en Mamparas	4	1	4
Cámara 2	Reparación de Incrustaciones en tabique	4	1	4
Cámara 2	Cambio de Planchaje Radial	18	3	6
Cámara 2	Cambio de Mamparas de Entrada	18	3	6
Cámara 2	Cambio de Mamparas de Salida	18	3	6
Cámara 2	Carga de Bolas	4	2	2
Reductor	Cambio de Aceite	4	2	2
Reductor	Cambio de Reductor	60	5	12
Chute de Carga	Reparación de Chute de Carga	6	1	6
Chute de Descarga	Reparación de Chute de Descarga	6	1	6

5.5.2 TIEMPOS INHERENTES DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO

Tabla 22.

Tiempos Inherentes después del proyecto, Molino de Crudo

Equipos	Procedimiento de Trabajo Mecánicos	Procedimiento de Trabajo [HH]	Número de Operadores	Tiempo total [H]	
Separador	Cambio de Aletas del Separador Dinámico	7	2	3,5	▼
Separador	Cambio de Aletas del Separador Estático	7	2	3,5	▼
Sprays de Agua	Cambio de Carcazas	7	1	7	▲
Sprays de Agua	Cambio de Boquillas	5	1	5	▲
Ruedas Moledoras	Reparación de protectores de pernos	5	1	5	▼
Ruedas Moledoras	Cambio de segmentos de ruedas	8	2	4	▼
Ruedas Moledoras	Reparación de carcaza de protección	8	2	4	▼
Ruedas Moledoras	Cambio de felpas y cauchos	6	2	3	▼
Ruedas Moledoras	Cambio de Rueda	55	5	11	▼
Anillo de Gases	Reparación de placas de anillo de gases	8	2	4	▼
Anillo de Gases	Cambio de felpas y cauchos	7	2	3,5	▼
Mesa de Molienda	Cambio de Mesa	55	5	11	▼
Reductor	Cambio de Aceite	3	2	1,5	▼
Reductor	Cambio de Reductor	55	5	11	▼
Chute de Carga	Reparación de Chute de Carga	5	1	5	▼
Chute de Descarga	Reparación de Chute de Descarga	5	1	5	▼
Cilindro Hidráulico	Cambio de Aceite	3	2	1,5	▼
Cilindro Hidráulico	Cambio de Cilindro	21	3	7	▼

▼ Tiempo Disminuye ▲ Tiempo aumenta (Con referencia al antes del Proyecto.)

Tabla 23.

Tiempos Inherentes después del proyecto, Molino de Cemento

Equipos	Procedimiento de Trabajo Mecánicos	Procedimiento de Trabajo [HH]	Número de Operadores	Tiempo total [H]	
Separador	Cambio de Aletas del Separador Dinámico	7	2	3,5	▼
Separador	Cambio de Aletas del Separador Estático	7	2	3,5	▼
Sprays de Agua	Cambio de Carcazas	4	1	4	▼
Sprays de Agua	Cambio de Boquillas	3	1	3	▼
Cámara 1	Reparación de Incrustaciones en planchaje radial.	4	1	4	▼
Cámara 1	Reparación de Incrustaciones en Mamparas	4	1	4	▼
Cámara 1	Reparación de Incrustaciones en tabique	5	1	5	▼
Cámara 1	Cambio de Planchaje Radial	15	3	5	▼
Cámara 1	Cambio de Mamparas de Entrada	15	3	5	▼
Cámara 1	Cambio de Mamparas de Salida	15	3	5	▼
Cámara 1	Carga de Bolas	3	2	1,5	▼
Cámara 2	Reparación de Incrustaciones en planchaje radial.	3	1	3	▼
Cámara 2	Reparación de Incrustaciones en Mamparas	3	1	3	▼
Cámara 2	Reparación de Incrustaciones en tabique	3	1	3	▼
Cámara 2	Cambio de Planchaje Radial	15	3	5	▼
Cámara 2	Cambio de Mamparas de Entrada	15	3	5	▼
Cámara 2	Cambio de Mamparas de Salida	15	3	5	▼
Cámara 2	Carga de Bolas	3	2	1,5	▼
Reductor	Cambio de Aceite	3	2	1,5	▼
Reductor	Cambio de Reductor	55	5	11	▼
Chute de Carga	Reparación de Chute de Carga	4	1	4	▼
Chute de Descarga	Reparación de Chute de Descarga	4	1	4	▼

▼Tiempo Disminuye ▲Tiempo aumenta (Con referencia al antes del Proyecto.)

CAPÍTULO 6

ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO.

6.1 ANÁLISIS ECONÓMICO

En LAFARGE Cementos S.A. Al desarrollar el análisis económico financiero, en Mantenimiento, se tiene como objetivo identificar el monto de los recursos para la ejecución del proyecto, considerando aumentar la vida útil de los equipos con la más alta Confiabilidad.

6.1.1 ANÁLISIS DE COSTOS DIRECTOS

6.1.1.1 REMUNERACIÓN AL ESTUDIANTE

Tabla 24.

Remuneración al estudiante

Nombre	Cargo	Horas	Valor HH [USD]	Valor Total [USD]
Sr. Alex Francisco Ávila Morales	Responsable del Proyecto	1200	\$ 3,00	\$ 3.600,00
TOTAL				\$ 3.600,00

6.1.1.2 HONORARIOS PROFESIONALES

Tabla 25.

Honorarios Profesionales

Nombre	Cargo	Horas	Valor HH [USD]	Valor Total [USD]
Supervisor de Molinos	Tutor en Procedimientos de Mantenimiento	200	\$ 20,00	\$ 4.000,00
Ingeniero de Procesos	Tutor de Procesos de Obtención de Cemento	120	\$ 20,00	\$ 2400,00

Ingeniero de Seguridad	Seguridad Industrial	8	\$ 20,00	\$ 160,00
TOTAL				\$ 6.560,00

Tabla 26.

Equipos de Seguridad Industrial y Métodos.

Equipo	Requerido por	Cantidad	Valor [USD]	Valor Total [USD]
Casco 3M	Dept. Seguridad	1	\$ 5,32	\$ 5,32
Gafas 3M	Dept. Seguridad	5	\$ 1,28	\$ 6,40
Guantes 3M	Dept. Seguridad	5	\$ 2,15	\$ 10,75
Orejeras 3M	Dept. Seguridad	1	\$ 16,57	\$ 16,57
Botas 3M	Dept. Seguridad	1	\$ 89,54	\$ 89,54
Uniformes LAFARGE	Dept. Seguridad	4	\$ 62,00	\$ 248,00
Calibrador	Dept. Métodos	1	\$ 28,00	\$ 28,00
Flexómetro	Dept. Métodos	1	\$ 3,89	\$ 3,89
Linterna	Dept. Métodos	1	\$ 5,20	\$ 5,20
Cámara Fotográfica	Dept. Métodos	1	\$ 135,00	\$ 135,00
TOTAL				\$ 548,67

6.1.1.3 MISCELÁNEOS**Tabla 27.**

Misceláneos

Descripción	Cantidad	Valor [USD]	Valor Total [USD]
Papel (500 Hojas)	1	\$ 5,32	\$ 5,32
Cartuchos de tinta	2	\$ 22,00	\$ 44,00
Internet	10	\$ 20,00	\$ 200,00
Carpetas	5	\$ 1,50	\$ 7,50
Transporte	20	\$ 10	\$ 200
TOTAL			\$ 456,82

6.1.2 ANÁLISIS DE COSTOS INDIRECTOS

Tabla 28.

Análisis de Costos Directos.

Nombre	Horas	Valor HH [USD]	Valor Total [USD]
Tutorías de Director y Codirector	50	\$ 25,00	\$ 1250,00
TOTAL			\$ 1250,00

6.2 ANÁLISIS FINANCIERO

El análisis del proyecto determina los beneficios o pérdidas en lo que se puede estar inmerso, al pretender realizar alguna inversión o un movimiento de capital, los resultados apoyan la toma de decisiones, con lo cual el TIR y el VAN son los indicadores más importantes de un proyecto.

Tabla 29.

Porcentajes de financiamientos

Descripción	Costo [USD]	Financiamiento		
		Estudiante	ESPE	LAFARGE
Remuneración al Estudiante	\$ 3.600,00			100%
Honorarios Profesionales	\$ 6.560,00			100%
Equipos de Seguridad Industrial y Métodos	\$ 548,67			100%
Misceláneos	\$ 456,82	100%		
Costos Indirectos	\$ 1250,00			100%

6.2.1 COSTOS TOTALES

Tabla 30.

Costos Totales del Proyecto.

Costos Totales	\$	12.415,49
Imprevistos (10%)	\$	1.241,55
Total Proyecto	\$	13.657,04

La inversión para el proyecto sería de 13.657,04 USD, a una tasa de interés para el área de Mantenimiento del 8%.

6.2.2 TIR (TASA INTERNA DE RETORNO)

La tasa interna de retorno o rentabilidad de una inversión, está definida como el promedio geométrico de los rendimientos futuros esperados.

$$TIR = \frac{-I + \sum F_n}{\sum n \times F_n}$$

Dónde:

- I: Valor de inversión inicial.
- n: Número de Periodos.
- F: Flujo de caja durante el periodo n.

$$TIR = \frac{-13.657,04 + 36.481}{195.428} = 11,68 \%$$

El TIR es mayor que la tasa de interés del proyecto, por lo tanto el implementar los procedimientos de trabajo, es viable.

Tabla 31.

Ahorro mensual generado.

<i>Equipo</i>	<i>ANTES</i>		<i>DESPUÉS</i>			
	<i>Producción (Ton / mes)</i>	<i>Factor de Utilización</i>	<i>Producción (Ton / mes)</i>	<i>Factor de Utilización (%)</i>	<i>Incremento de Producción (Ton /mes)</i>	<i>Ahorro / mes</i>
Molino de Cemento	2100	86,10%	2100	87,80%	35,7	\$3.570,00
Molino de Crudo	2050	75,30%	2050	77,90%	53,3	\$5.330,00
					Ahorro Mensual	\$8.900,00

Tabla 32.

Flujo de Caja Mensual

i	Mes	Desembolso	Ahorro Mensual	Flujo de Caja (Fi)	i x Fi	(Fi/(1+T))^i	
1	Enero	-6370	8900	2530	2530	2342,59	
2	Febrero	-2773	8900	6127	12254	5252,91	
3	Marzo	-11813	8900	-2913	-8739	-2312,43	
4	Abril	-2851	8900	6049	24196	4446,19	
5	Mayo	-5626	8900	3274	16370	2228,22	
6	Junio	-1049	8900	7851	47106	4947,46	
7	Julio	-2107	8900	6793	47551	3963,65	
8	Agosto	-2130	8900	6770	54160	3657,62	
				Σ=	36481	195428	24526,23

6.2.3 VAN (VALOR ACTUAL NETO)

Valor Actual Neto, es el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión.

$$VAN = \sum \frac{Fn}{(1+i)^n} - I$$

Dónde:

- I: Valor inicial de la inversión.
- n: Número de periodos.
- F: Flujo de caja durante el periodo n.
- i: Tasa de interés.

$$VAN = 24526,23 - 13657,04 = 10869,19$$

Se aprecia que el VAN generado es de 10869,19 USD, por lo tanto no se tiene pérdidas, al contrario se está ahorrando esta cantidad durante un periodo de 7 meses.

CAPÍTULO 7

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

Se logra conocer e interpretar el funcionamiento y operación de cada uno de los equipos y componentes en las diferentes unidades del Molino de Crudo como del Molino de Cemento.

Las fallas funcionales y las acciones mecánicas se identifican a partir de la operación de los equipos y el levantamiento de datos en paradas de mantenimiento, apoyado en el análisis de precauciones por equipo.

Se diseñan e implementan los Procedimientos Tecnológicos de Mantenimiento basado en el análisis por falla funcional para los Molino de Crudo y de Cemento, los mencionados procedimientos se cargan a la base de datos del software de mantenimiento.

Se identifican las causas de los riesgos, para cada equipo perteneciente a las unidades de los Molinos tanto de Crudo como de Cemento, de tal manera que se obtienen as precauciones a tomar para futuros procedimientos tecnológicos de mantenimiento.

La implementación del Sistema de Seguridad Funcional evita o reduce el riesgo de un accidente, basado en los procesos tecnológicos de mantenimiento, que a su vez reducen los tiempos de parada de los equipos, por lo cual la confiabilidad de los equipos aumenta por sobre el estándar de LAFARGE Cementos S.A.

El plan de seguridad funcional para el Molino de Crudo y para el Molino de cemento se implementa a través de un checklist, el cual sirve de apoyo para el sistema de gestión integrado cuando se realizan auditorias.

Se capacita al personal, para cumplir la meta de confiabilidad del 96% con apoyo de los procedimientos tecnológicos de mantenimiento necesarios.

El proyecto presenta una rentabilidad del 12.5%, con un rendimiento positivo que se añade al presupuesto del Departamento de Mantenimiento para su ejecución.

La confiabilidad de los Equipos, tanto del Molino de cemento como del Molino de Crudo después del proyecto tiene una proyección positiva, mantenimiento su tendencia por sobre el 96%, de manera que se conserva y supera el estándar mínimo como se muestra en las figuras 54 y 55.

7.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar una retroalimentación en una reunión, después de cada parada de mantenimiento de los Molinos para conocer el estado y funcionamiento de cada equipo en sus diferentes unidades.

Se debe estar en constante monitoreo para identificar las fallas funcionales y acciones mecánicas, para tomar en cuenta en futuros procedimientos tecnológicos de mantenimiento, para evitar la experiencia empírica.

Es oportuno que se realice el levantamiento técnico de cada equipo, en las diferentes áreas, que se encuentren anexadas al Molino de Crudo y al Molino de Cemento, puesto que se dificulta el trabajo en campo cuando no hay especificaciones o fichas técnicas.

La implementación de un sistema de seguridad funcional en las diferentes áreas de la planta, ayudará a tener un control más exhaustivo de cada uno de los equipos pertenecientes a las diferentes unidades, por lo cual es indispensable que el equipo del Sistema de Gestión Integrado trabaje en conjunto con el equipo de Mantenimiento.

Por la envergadura de la planta productora de cemento, se recomienda la implementación de equipos de trabajo específicos para cada área, debido a la experiencia de la gente que se tiene en campo la aplicación del Mantenimiento Total Productivo debe ser eficaz.

Se recomienda implementar un sistema de control de documentos para el adecuado manejo de los procedimientos de mantenimiento, además del control de nuevas modificaciones que se puedan presentar.

BIBLIOGRAFÍA

- ABB. (s.f.).** Seguridad y Seguridad Funcional, Guía General. Obtenido de:
<http://campuscurico.utralca.cl/~fespinos/INDICADORES%20DE%20EFICIENCIA%20PARA%20MANTENIMIENTO.pdf>
- Bega, G. (1995).** Determinación de los costos. *En evaluación de Proyectos* (pág. 134). México: McGraw-Hill.
- Cruz, E. (2008).** Ingeniería del Mantenimiento, Formación del Mantenimiento para el Mecánico. Buenos Aires – Argentina: Editorial Nueva Librería.
- García, S. (2012).** La elaboración del plan de mantenimiento. En *Ingeniería de Mantenimiento* (pág. 73): Renovetec.
- García, Santiago. (2009).** Mantenimiento Correctivo. Obtenido de
<http://www.renovetec.com/mantenimientoindustrial-vol4-correctivo.pdf>
- Espinosa, F. (s.f.)** TPM-Mantenimiento Total Productivo. Obtenido de:
<http://campuscurico.utralca.cl/~fespinos/CONCEPCION%20TPM%20MANTENIMIENTO%20PRODUCTIVO%20TOTAL.pdf>
- Rayo, E. (s.f.)** Utilización de los KPI's y de los sistemas de información, para la toma de decisiones. Obtenido de:
<http://caupolicsystems.com/Downloads/UtilizaInd.pdf>
- Rayo, E. (s.f.)** Indicadores de eficiencia para el Mantenimiento, Obtenido de:
<http://campuscurico.utralca.cl/~fespinos/INDICADORES%20DE%20EFICIENCIA%20PARA%20MANTENIMIENTO.pdf>
- SENATI. (Junio 2007).** Gestión de Mantenimiento, Módulo II. Obtenido de:
http://virtual.senati.edu.pe/pub/MCPP/Unidad03/CONTENIDO_TEMATICO_U3_PLATAFORMA_M2.pdf

ANEXO A

ANEXO B

ANEXO C

ANEXO D

ANEXO E

ANEXO F