

**DISEÑO DE UN PLAN PILOTO DE MANTENIMIENTO PROYECTADO A UN
MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) PARA LA EMPRESA
CEMENTOS DEL ORIENTE S.A.**

**GERMAN ALONSO BARRERA RIOS
ANTONIO FIGUEREDO RINCÓN**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2015**

**DISEÑO DE UN PLAN PILOTO DE MANTENIMIENTO PROYECTADO A UN
MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) PARA LA EMPRESA
CEMENTOS DEL ORIENTE S.A.**

**GERMAN ALONSO BARRERA RIOS
ANTONIO FIGUEREDO RINCÓN**

**Monografía de Grado presentada como requisito para optar el título de
Especialista en Gerencia de Mantenimiento**

**Director: CARLOS BORRAS PINILLA
Doctor Of Philosophy In Mechanical Engineering**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2015**

Doy gracias a DIOS y a la Sma. Virgen de la O de Morca que me han dado salud, conocimiento, sabiduría y mucha fortaleza en todo el transcurso de mi vida.

A mi padre Plinio Figueredo y a mi madre María Edilia Rincón quienes con su amor, comprensión, entendimiento, esfuerzo y dedicación me han brindado su apoyo en momentos agradables y difíciles de mi vida, muchas gracias por hacer de mí la persona que soy en estos momentos.

A mis hermanos Wilmar Alfredo, Plinio Alexander y David Santiago, que más que unos hermanos han sido unos buenos amigos, consejeros y son un apoyo incondicional en todo momento, muchas gracias y porque sigamos siempre unidos.

A Nury Janeth Chaparro, por darme la dicha, la felicidad y la responsabilidad de ser padre de un hermoso hijo Andrés Camilo, muchas gracias y que DIOS y la Virgen nos protejan por siempre.

A mis amigos, que han sido pilar fundamental en el transcurso de mi vida, gracias por esos momentos tan agradables que me han permitido compartir junto a ustedes y con los cuales siempre los recordare.

Por último dedico este logro de mi vida a todas y cada una de las tantas personas que de alguna u otra forma han sido partícipes en este difícil pero agradable trayecto.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

CARLOS BORRAS PINILLA, Doctor Of Philosophy In Mechanical Engineering, por la colaboración prestada durante el desarrollo del proyecto.

JOSE ALFREDO JIMENEZ AVELLA, Ingeniero Electromecánico, por su colaboración y consejos prestados durante el desarrollo del proyecto.

PUBLIO HERNESTO MUÑOZ, Gerente General CEMENTOS DEL ORIENTE S.A. por la oportunidad y colaboración prestada durante el desarrollo del proyecto.

NAYDU VALDERRAMA ZABALA, Despacho de agregados, recepción de materia prima y de compras.

A la Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Especialización en Gerencia de Mantenimiento.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	16
1. LA EMPRESA Y SU ENTORNO	17
1.1 LOCALIZACIÓN	17
1.2 RESEÑA HISTÓRICA	17
1.3 POLÍTICAS CORPORATIVAS	18
1.3.1 Política de calidad	18
1.3.2 Misión	18
1.3.3 Visión	19
1.4 LA EMPRESA Y SUS PROCESOS	19
1.5 ETAPAS DE LA FABRICACIÓN DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I	19
1.6 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL	21
2. OBJETIVOS	23
2.1 OBJETIVO GENERAL	23
2.2 OJETIVOS ESPECÍFICOS	23
3. MARCO TEÓRICO	24
3.1 LA IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO	24
3.2 EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO	24
3.3 TIPOS DE MANTENIMIENTO	25
3.3.1 Mantenimiento correctivo	25
3.3.2 Mantenimiento programado	25
3.3.3 Mantenimiento preventivo	25
3.3.4 Mantenimiento predictivo	26
3.3.5 Mantenimiento Productivo Total (TPM)	26
3.3.5.1 Definición	26
3.3.5.2 Pilares del TPM	27
3.3.5.3 Metas del TPM	28
3.3.5.4 Objetivos del TPM	28
3.3.5.5 Pasos para la implementación del TPM	29
3.3.5.6 Beneficios del TPM	30
3.3.6 Mantenimiento Autónomo	30
3.3.6.1 Objetivo del mantenimiento autónomo	30
3.3.6.2 Paso a paso mantenimiento autónomo	31
3.3.7 Las 5's (Seiri - Seiton - Seiso - Seiketsu - Shitsuke)	32
3.3.8 Metodología de las 5'S	32

3.3.8.1	Seiri – Clasificar	32
3.3.8.2	Seiton – Organizar	32
3.3.8.3	Seiso – Limpiar	33
3.3.8.4	Seiketsu –Estandarizar	33
3.3.8.5	Shitsuke – Disciplina	33
4.	IMPLEMENTACIÓN DEL TPM	34
4.1	DESARROLLO DE LOS PILARES PROPUESTOS POR EL TPM	34
4.2	MANTENIMIENTO AUTÓNOMO	34
4.2.1	PASO 0. Programa 5´S	35
4.2.1.1	SEIRI, clasificar; programa implementación	35
4.2.1.2	SEITON, Ordenar; programa de implementación	37
4.2.1.3	SEISO, Limpiar y verificar, programa de implementación	40
4.2.1.4	SEIKETSU, Mantener el orden y la limpieza, programa de implementación	41
4.2.1.5	SHITSUKE. Disciplina	43
4.2.1.6	Evaluación de las 5S	45
4.2.2	PASO 1. Limpieza inicial	46
4.2.2.1	Objetivos del paso 1	46
4.2.2.2	Metodología de la implementación del paso 1	46
4.2.2.3	Eliminar el polvo, la suciedad y los desechos	46
4.2.2.4	Manual de limpieza.	48
4.2.3	PASO 2. Eliminación de fuentes de contaminación y lugares de difícil acceso.	50
4.2.3.1	Objetivos del paso 2	50
4.2.3.2	Manual eliminación de fuentes de contaminación y lugares de difícil acceso.	51
4.2.4	PASO 3. Estándares preliminares de limpieza, lubricación y ajuste	53
4.2.4.1	Objetivos del paso 3	53
4.2.4.2	Metodología de la implementación paso 3	53
4.2.4.3	Manual lubricacion en mantenimiento	55
4.3	MANTENIMIENTO DE LA CALIDAD	57
4.3.1	Propuesta de codificación	57
4.3.1.1	Jerarquización	61
4.3.1.2	Diseño formatos hojas de vida	61
4.4	MANTENIMIENTO PLANEADO	62
4.4.1	Análisis de Criticidad	63
4.4.1.1	Identificación de los equipos a estudiar	63
4.4.1.2	Alcance y objetivo del estudio	64
4.4.1.3	Selección del personal a entrevistar	64
4.4.1.4	Importancia del estudio	64
4.4.1.5	Recolección de datos	64
4.4.1.6	Resultados del estudio	69

4.5 SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE	72
4.5.1 Análisis y evaluación de riesgos.	72
4.5.2 Identificación de Amenazas o Eventos en la Empresa	74
4.5.3 Amenazas de origen tecnológico.	74
4.5.4 Identificación de escenarios	74
4.5.5 Metodología para la evaluación de riesgos.	77
4.5.6 Clasificación de amenazas	77
4.5.6.1 Análisis de Vulnerabilidad.	77
4.5.6.2 Vulnerabilidad en las personas	78
4.5.6.3 Vulnerabilidad en los recursos	78
4.5.6.4 Vulnerabilidad en los sistemas y procesos	78
4.5.7 Interpretación del Nivel de Riesgo	79
4.6 INDICADORES DE TPM APLICADOS A CEMENTERAS	81
5. CONCLUSIONES	82
BIBLIOGRAFÍA	84

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Localización de planta Cementos del Oriente S.A.	17
Figura 2. Diagrama de flujo de la empresa Cementos del Oriente S.A.	20
Figura 3. Estructura organizacional Cementos del Oriente S.A.	22
Figura 4: Evolución del mantenimiento	24
Figura 5. Pilares del TPM	27
Figura 6: Procedimiento para SEIRI	35
Figura 7. Tarjetas elementos innecesarios	36
Figura 8: Procedimiento para SEITON	38
Figura 9: Implantación SEISO	40
Figura 10: Implantación SEIKETSU	42
Figura 11: implantación SHITSUKE	43
Figura 12: Tarjetas de anomalías	47
Figura 13: Formato hojas de vida de los equipos	62
Figura 14: Resultados del estudio de Análisis de Criticidad para los equipos de la empresa Cementos del Oriente S.A.	71
Figura 15: Identificación de escenarios	75
Figura 16: Rombo de nivel de riesgo	79

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Pasos de implementación del TPM.	29
Tabla 2. Beneficios del TPM (Organizativos-seguridad-productividad)	30
Tabla 3. Pasos del mantenimiento autónomo	31
Tabla 4. Lista de objetos innecesarios	36
Tabla 5. Implantación del SEIRI	37
Tabla 6. Auditoria Seiri	37
Tabla 7. Implantación de Seiton	39
Tabla 8. Auditoria Seiton	39
Tabla 9. Implantación de Seiso	41
Tabla 10. Auditoria Seiso	41
Tabla 11. Implantación de Seiketsu	42
Tabla 12. Auditoria Seiketsu	43
Tabla 13. Implantación de Shitsuke	45
Tabla 14. Auditoria Shitsuke	45
Tabla 15. Plan de lubricación Cementos del Oriente S.A	54
Tabla 16: Clasificación propuesta equipos Cementos del Oriente S.A.	58
Tabla 17: Clasificación propuesta equipos Cementos del Oriente S.A	59
Tabla 18: Clasificación propuesta equipos Cementos del Oriente S.A	59
Tabla 19: Clasificación propuesta equipos Cementos del Oriente S.A	60
Tabla 20: Clasificación propuesta equipos Cementos del Oriente S.A	60
Tabla 21: Lista de equipos jerarquizados	61

Tabla 22: Ecuación de Criticidad	65
Tabla 23: Formato encuesta Análisis de Criticidad	67
Tabla 24: Ponderaciones parámetros Análisis de Criticidad	68
Tabla 25: Respuestas dadas por el jefe de mantenimiento	69
Tabla 26: Puntajes finales planta de trituración	69
Tabla 27: Ponderación de criticidad para molino de cemento	70
Tabla 28: Vulnerabilidad en las personas.	80

RESUMEN

TÍTULO: DISEÑO DE UN PLAN PILOTO DE MANTENIMIENTO PROYECTADO A UN MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) PARA LA EMPRESA CEMENTOS DEL ORIENTE S.A.¹

AUTOR (ES): GERMAN ALONSO BARRERA RIOS, ANTONIO FIGUEREDO RINCÓN.²

PALABRAS CLAVES: MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL, CRITICIDAD, CONFIABILIDAD OPERACIONAL, EFECTOS DE FALLAS, INSPECCIONES PRE OPERACIONALES.

DESCRIPCIÓN O CONTENIDO: En el transcurso del siguiente informe modalidad monografía, desarrollado para la empresa Cementos del Oriente S. A. el objetivo general es lograr, mediante la prevención de fallas y establecimiento de tareas, el incremento en la disponibilidad y confiabilidad operacional de los activos en esta empresa mediante el diseño de un plan piloto de mantenimiento proyectado a un mantenimiento productivo total.

La primera parte, consta de un breve resumen de la empresa Cementos del Oriente S.A., su creación y la evolución hasta el día de hoy.

La segunda parte, presenta una descripción detallada de la relación que existe entre equipos, funciones y procesos, por medio de diagramas que muestran todos los equipos que operan actualmente en la empresa.

La tercera parte se desarrolla obteniendo información de los históricos junto a las hojas de vida de algunos equipos que intervienen en el proceso de producción; con base a esto, se clasifican los equipos estableciendo la criticidad de los mismos de acuerdo con la función que desempeñan dentro de la empresa con el fin de priorizar las órdenes de trabajo, diseñar planes de mantenimiento, etc.

La última parte presenta el plan de mantenimiento propuesto, que se deja a consideración de la empresa y con el cual se permite lograr, a través de inspecciones preoperacionales, reporte efectos de fallas y tareas de mantenimiento, la prevención de fallas de los activos en esta empresa.

¹ Monografía de especialización

² Facultad de ingenierías Físico-Mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento, Director: CARLOS BORRAS PINILLA, Doctor Of Philosophy In Mechanical Engineering.

SUMMARY

TITLE: DESIGN OF A PILOT OF MAINTENANCE PLAN PROJECTED TO A TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE (TPM) FOR EASTERN CEMENT COMPANY S.A.³

AUTHORS: GERMAN ALONSO BARRERA RIOS, ANTONIO FIGUEREDO RINCÓN.⁴

KEYWORDS: TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE, CRITICALITY OPERATIONAL RELIABILITY, FAILURE EFFECTS, OPERATING INSPECTIONS.

SUBJECT OR DESCRIPTION: During the following report, the monograph method, developed for the company Cementos Del Oriente S.A. The overall project objective is to achieve, by preventing failures and setting tasks, the increase occurs the availability and reliability of assets in these companies by designing a pilot maintenance plan projected a total productive maintenance.

The first part consists of a brief overview of the company Cementos del Oriente S.A., its creation and evolution until today.

The second part presents a detailed description of the relationship between equipment, functions and processes through diagrams showing all the teams currently operating in the company.

The third part is developed by obtaining historical information along with the resumes of some equipment kept in the field; on this basis, we proceed to review the current status of the maintenance process, equipment, encoding them are classified, giving hierarchy and establishing the criticality of the same in accordance with the role to play within the company in order to prioritize work orders, designing maintenance plans, etc.

The last part presents the proposed maintenance plan, which is left for consideration by the company and which achieves, through pre operational maintenance inspections, report faults and preventing failures of assets in this company.

³ Monograph the Specialization

⁴ School of Mechanical Engineering. Maintenance Management Specialization, Director: CARLOS BORRAS PINILLA, Doctor Of Philosophy In Mechanical Engineering.

INTRODUCCIÓN

El momento actual del mercado, exige de las empresas de producción de bienes para su éxito competitivo, implementar actividades de mantenimiento que permitan mantener las instalaciones y equipos en buenas condiciones operacionales y el sistema productivo operando en forma confiable.

El mantenimiento al igual que otras ramas de la ingeniería, ha evolucionado a gran escala con el paso del tiempo, este cambio ha traído nuevas políticas e ideologías, que se han adaptado al ritmo de vida de las empresas de clase mundial.

En Boyacá, la renovación tecnológica, no puede pasar desapercibida, tiene que aplicarse, es por eso que Cementos del Oriente S.A. debe implementar políticas de mantenimiento de última generación que las hagan más competitivas, seguras y eficientes; por tal motivo la empresa quiere utilizar el plan de Mantenimiento Productivo Total como herramienta que le permita organizar, planificar y ejecutar el mantenimiento dentro de los mejores índices de seguridad, tiempo, costo y confiabilidad.

1. LA EMPRESA Y SU ENTORNO

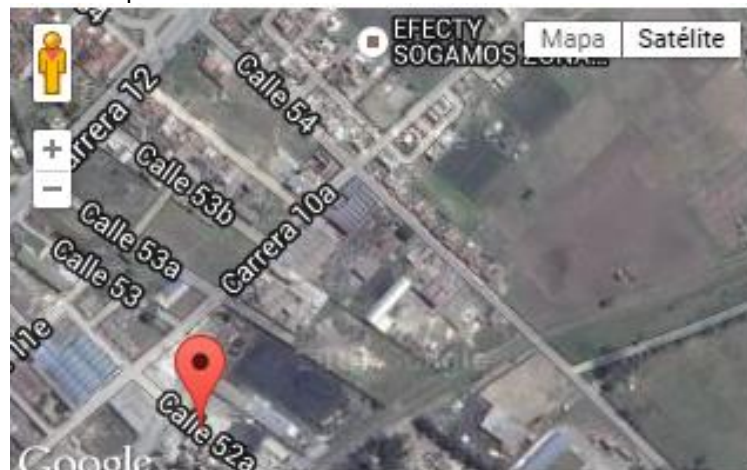
Cementos del Oriente S.A es una empresa de tipo industrial puesta en marcha desde el 6 de Noviembre de 2003 , dedicada a producir y comercializar cemento portland tipo 1, con materias primas debidamente clasificadas y con riguroso control de calidad, este producto es el resultante de la molienda conjunta y debidamente dosificada de clínker portland tipo I, puzolana natural y yeso, tiene características químicas, físicas y mecánicas que superan los requisitos fijados por las Normas NTC 121, NTC 321 y ASTM 150, y otras propiedades particulares que le atribuyen campos específicos de aplicación en morteros y concretos.

Con una capacidad de producción de aproximadamente 150,000 toneladas anuales, satisfaciendo las expectativas de clientes, accionistas, proveedores y comunidad; generando recursos para su reinversión, permitiendo el continuo crecimiento empresarial.

1.1 LOCALIZACIÓN

La planta de Cementos del Oriente S.A se encuentra ubicada en el Departamento de Boyacá, en el parque industrial, municipio de Sogamoso. En la figura 1 se puede ver la ubicación geográfica de la planta.

Figura 1. Localización de la planta Cementos del Oriente S.A.



Fuente: <https://maps.google.com>

1.2 RESEÑA HISTÓRICA

Hace más de 15 años inicia una historia de pasión y lucha que hoy permite poner a disposición del mercado una solución eficiente para la fabricación de cemento a pequeña escala.

En el año 1995 se funda SIME Ingenieros. Durante varios años, la compañía se dedicó a desarrollar diseño e ingeniería mecánica, eléctrica, electrónica y de automatización, al tiempo que fabricaba y montaba equipos industriales. En ese período se hicieron desarrollos y múltiples trabajos para la empresa Cementos Boyacá, hoy en día Holcim.

En 1999, uno de los socios, de profesión administradora de empresas y con amplia experiencia en el sector industrial, plantea la posibilidad de fabricar cemento a volúmenes pequeños. SIME Ingenieros ejecuta la pre-ingeniería y el estudio de factibilidad del proyecto, el cual refleja un resultado positivo.

Para ejecutar el proyecto, se buscan los recursos financieros entre familiares, amigos e inversionistas conocedores del mercado del cemento. Es así como SIME Ingenieros procede a realizar el diseño, fabricación de equipos, montaje y puesta en marcha el 6 de Noviembre de 2003.

Este proyecto da inicio a Cementos del Oriente S.A. Esto permitió conocer muy de cerca no solo el proceso de producción, sino las variables críticas para la exitosa comercialización del cemento en el mercado, algo que no todos tienen la posibilidad de experimentar.

El desarrollo de la primera mini-planta para la fabricación de cemento se convirtió rápidamente en un fenómeno industrial, siendo consultado y estudiado por especialistas, investigadores de universidades internacionales, entes gubernamentales, comunidades y empresarios.

Después de haber operado exitosamente la planta por casi dos años, SIME vende su participación en Cementos del Oriente S.A. y desde entonces brinda su profundo conocimiento a más compañías interesadas en participar en el mercado del cemento con pequeñas inversiones, tanto a nivel nacional como internacional.

Hasta este momento Cementos del Oriente S.A. ha construido un gran conocimiento en cada uno de los eslabones de la cadena de valor de la industria cementera. Ha producido y ha comercializado el cemento. Esto lo prepara mejor que nadie para apoyar y asesorar a diferentes empresas e industriales que deseen participar de este mercado.

1.3 POLÍTICAS CORPORATIVAS

1.3.1 Política de calidad. Para Cementos del Oriente es básico asegurar que los clientes de todo tipo y tamaño reciban su producto bajo todos los estándares de calidad establecidos y en los tiempos de entrega acordados.

1.3.2 Misión. Contribuir al desarrollo del sector de la construcción a nivel nacional, con productos de excelente calidad para nuestros clientes y la más alta

rentabilidad para nuestros accionistas, siempre pensando en el bienestar y beneficio de la comunidad y la región.

1.3.3 Visión. Ser la empresa cementera preferida por los colombianos, con una estructura organizacional dinámica que satisfaga las expectativas de clientes, accionistas, proveedores y comunidad; generando recursos para su reinversión, que nos permita el continuo crecimiento empresarial.

1.4 LA EMPRESA Y SUS PROCESOS

La empresa Cementos del Oriente S.A. funciona por procesos definidos por el sistema de gestión de calidad trabajando paralelamente con lo establecido en la norma ISO 9001 con el fin de cumplir con lo estipulado en la misión empresarial. El proceso general de la fabricación del producto se muestra a continuación, ver figura 2.

1.5 ETAPAS DE LA FABRICACIÓN DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I

- **Explotación de materias primas.** Consiste en la extracción de las piedras calizas y las arcillas de los depósitos o canteras, las cuales dependiendo de sus condiciones físicas se hacen con los diferentes sistemas de explotación; luego el material se transporta a la fábrica.
- **Preparación y clasificación de las materias primas.** Una vez extraídos los materiales, en la fábrica se reduce el tamaño de la caliza siguiendo ciertas especificaciones dada para la fabricación. Su tamaño se reduce con la trituración hasta que su tamaño oscile entre 5 y 10 mm.
- **Homogeneización.** Consiste en mezclar las arcillas y calizas, que ya han sido trituradas. Se lleva a cabo por medio de bandas transportadoras o molinos, con el objetivo de reducir su tamaño hasta el orden de diámetro de medio milímetro. En esta etapa se establece la primera gran diferencia de los sistemas de producción del cemento, (procesos húmedos y procesos secos).
- **Clinkerización.** Consiste en llevar la mezcla homogeneizada a hornos rotatorios a grandes temperaturas, aproximadamente a 1450°C. En la parte final del horno se produce la fusión de varios de los componentes y se forman gránulos de 1 a 3 cm de diámetro, conocidos con el nombre de Clinker.
- **Enfriamiento.** Después que ocurre el proceso de Clinkerización a altas temperaturas, viene el proceso de enfriamiento que consiste en una disminución de la temperatura para poder trabajar con el material. Este enfriamiento se acelera con equipos especializados.

Figura 2. Diagrama de flujo de la empresa Cementos del Oriente S.A.

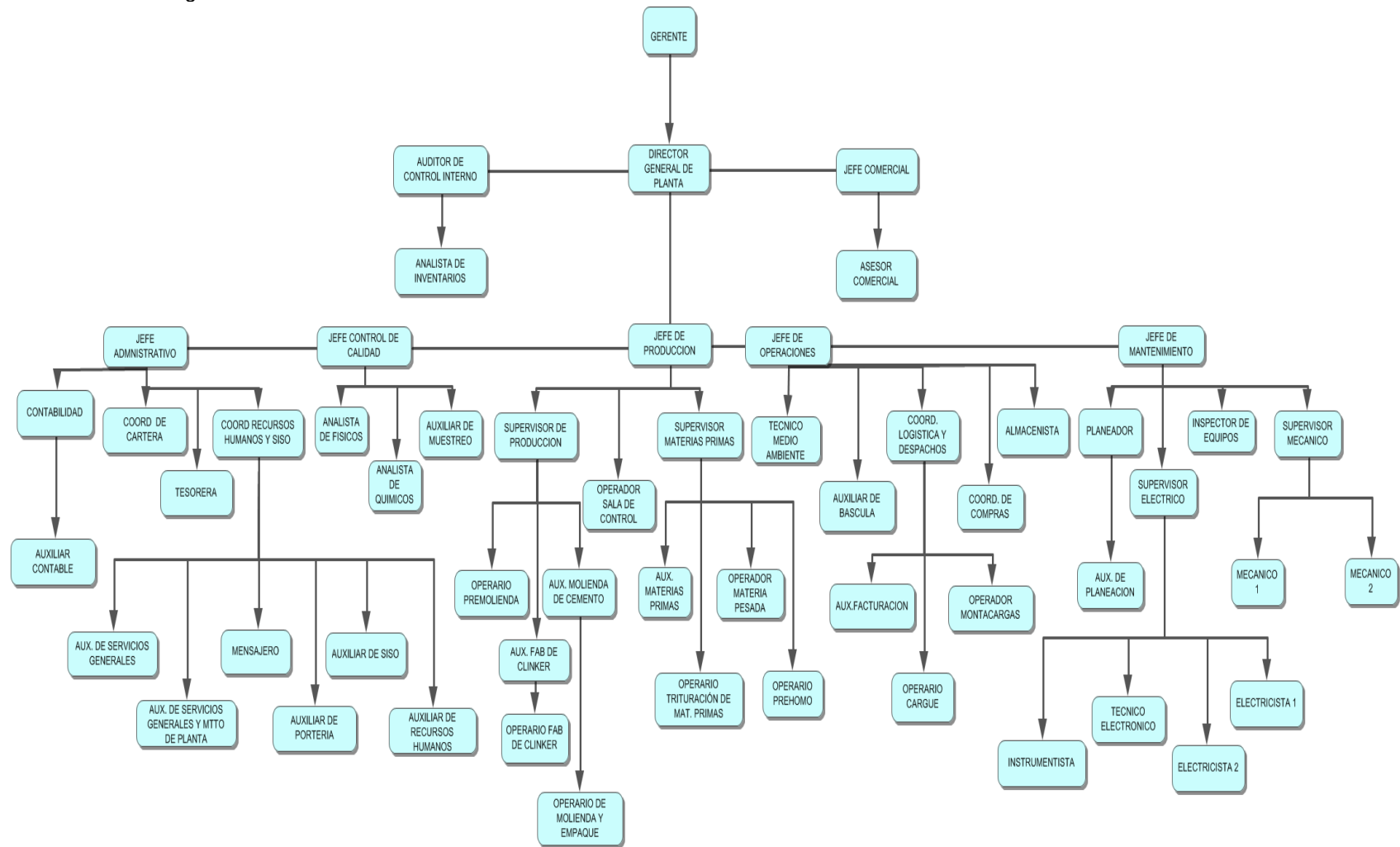


- **Adiciones finales y molienda.** Una vez que el clínker se ha enfriado, se prosigue a obtener la finura del cemento, que consiste en moler el clínker. Después se le adiciona yeso con el fin de retardar el tiempo de fraguado.
- **Empaque y distribución.** Esta última etapa consiste en empacar el cemento fabricado en sacos de 50 kilogramos. Luego se transporta y se distribuye con cuidados especiales.

1.6 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

La empresa Cementos del Oriente S.A. está conformada por dos líneas de producción de cemento Portland tipo I, tiene su centro de operaciones en la ciudad de Sogamoso, en donde se ubican las oficinas administrativas. La empresa operativamente y funcionalmente depende de su gerente, como se observa a continuación, ver figura 3.

Figura 3: Estructura organizacional Cementos del Oriente S.A.



Fuente: Recursos humanos Cementos del Oriente S.A.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL:

DISEÑAR UNA ESTRATEGIA PILOTO DE MANTENIMIENTO BASADO Y ADAPTADO A UN MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) PARA LA EMPRESA CEMENTOS DEL ORIENTE S.A DE LA CIUDAD DE SOGAMOSO CON EL FIN DE LOGRAR, MEDIANTE LA PREVENCIÓN DE FALLAS Y ESTABLECIMIENTO DE TAREAS, EL INCREMENTO EN LA CONFIABILIDAD Y MANTENIBILIDAD DE LOS ACTIVOS DE ESTA EMPRESA.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Realizar un análisis del estado actual del sistema de información y establecer las directrices de mejora del sistema de registro de actividades de mantenimiento que permitan un fácil manejo a los operarios y al jefe de mantenimiento.
- Incrementar la eficiencia de la línea de producción de Clinker y cemento portland tipo I mediante propuestas estratégicas de reducción de tiempos improductivos o muertos.
- Establecer estrategias para reducir los desperdicios por calidad de producto y que logren agregar valor a la cadena productiva del cemento.
- Diseñar y establecer las estrategias de un programa piloto de mantenimiento planeado que logre la integración entre operación y mantenimiento con el fin de lograr las metas básicas del TPM: cero averías, cero accidentes y cero defectos.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 LA IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO

La importancia del mantenimiento en la empresa es vital, porque esta se refleja en su productividad. El desarrollo de las actividades de mantenimiento se debe llevar organizadamente y con una buena comunicación, que a su vez es reflejada en sus resultados.

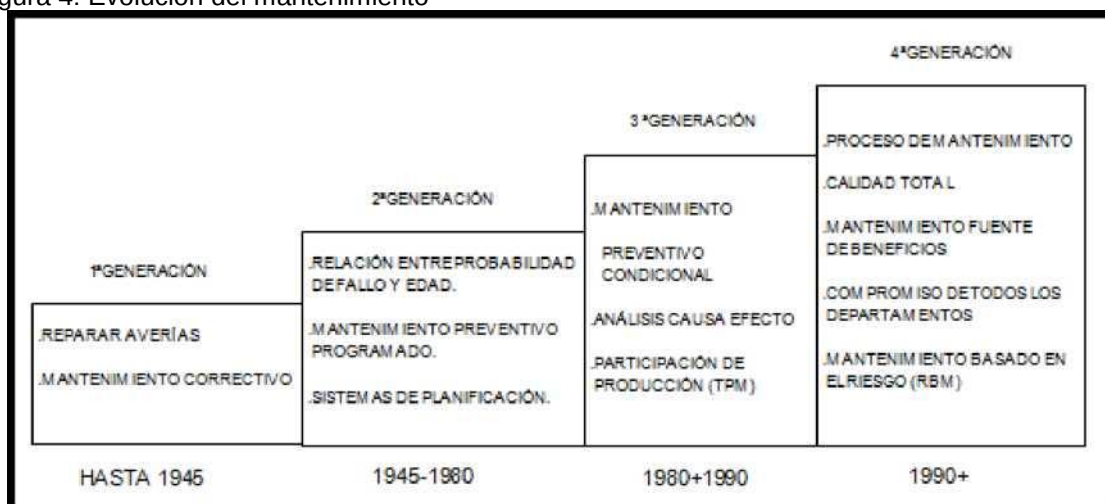
El mantenimiento se define como "la combinación de actividades que se realizan de forma secuencial con el objetivo de mantener o restablecer el estado de un equipo". Para que este cumpla sus funciones referente a su diseño inicial se debe garantizar el mantenimiento adecuado que garantice la seguridad, calidad y procesos que son de suma importancia para el desarrollo de la empresa.

Mantenimiento es el conjunto de técnicas destinadas a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible (buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento.⁵

3.2 EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO

La evolución del mantenimiento, se ha acelerado considerablemente con el pasar de los años, aumentando la importancia de esta actividad dentro de las empresas, han ido surgiendo distintas formas de mejorar la eficiencia y eficacia del mantenimiento a través de la tecnología y de las nuevas formas de organización en los procesos de gestión.

Figura 4: Evolución del mantenimiento



Fuente: Historia y evolución del mantenimiento <http://mntoindustrial.blogspot.com/2012/09/2.htm>

⁵ BARROSO, Fernando. Introducción a la gestión de mantenimiento, Pág. 2

3.3 TIPOS DE MANTENIMIENTO⁶

Existen diversas formas de realizar el mantenimiento a un equipo de producción, cada uno tiene sus propias características como lo describiremos a continuación.

3.3.1 Mantenimiento correctivo. Consiste en ejecutar labores cuando el equipo deja de proporcionar servicio para la cual fueron diseñados. Según botero es un mantenimiento encaminado a corregir una falla que se presenta en un determinado momento, su función primordial es poner en marcha el equipo lo más rápido y con el mínimo costo posible. Este mantenimiento es generalmente el único que se realiza en pequeñas empresas. Las etapas por seguir cuando se presente un problema de mantenimiento correctivo son:

- Identificar el problema y sus causas.
- Estudiar las diferentes alternativas para su reparación.
- Evaluar las ventajas de cada alternativa y escoger la óptima.
- Planear la reparación de acuerdo con personal y equipo disponibles.
- Supervisar las actividades por desarrollar.
- Clasificar y archivar la información sobre tiempos, personas, y repuestos de la labor realizada.

3.3.2 Mantenimiento programado. Se basa en la suposición de que las piezas se desgastan siempre en la misma forma y en el mismo periodo de tiempo, así se esté trabajando bajo condiciones diferentes, se lleva a cabo un estudio detallado de los equipos de la fábrica y a través de él se determina, con ayuda de datos estadísticos e información del fabricante, las partes que se deben cambiar, así como la periodicidad con que se deben hacer los cambios.

3.3.3 Mantenimiento preventivo. Es aquel que se hace mediante un programa de actividades (revisiones y lubricación), previamente establecido, con el fin de anticiparse a la presencia de fallas en instalaciones y equipos. Se fundamenta en el estudio de necesidades de servicio de un equipo:

- Actividades con el equipo detenido y con el equipo en marcha.
- El tiempo de operación y la periodicidad con que se efectúa.
- Determinar las horas hombre que requiere una operación.
- Personal a emplear en determinado momento.

El éxito de un programa de mantenimiento preventivo, está en el análisis detallado del programa de todas y cada una de las máquinas y el cumplimiento estricto de las actividades, para cuyo efecto se debe realizar un buen control.

⁶ BOTERO, Camilo. Manual del mantenimiento. Ed. Fedemetal - Sena, Santa fe de Bogotá (1991). Pág. 9-11

3.3.4 Mantenimiento predictivo. Consiste en hacer mediciones o ensayos no destructivos mediante equipos sofisticados, a partes de maquinaria que sean muy costosas o a las cuales no se les puede permitir fallar en forma imprevista, pues arriesgan la integridad de los operarios o causan daños de cuantía, las mayorías de las inspecciones se realiza con el equipo en marcha y sin causar paros en la producción, los más frecuentes son:

- Desgaste: con espectrofotómetro de absorción atómica.
- Espesor: con ultrasonido.
- Fracturas: con rayos X, partículas magnéticas, tintas reveladoras o corrientes parásitas.
- Ruido: con medidores de nivel de ruido o decibelímetro.
- Vibraciones: con medidores de amplitud, velocidad y aceleración
- Temperatura: con rayos infrarrojos (termografía).

El mantenimiento predictivo solo informa y sirve de base para un buen programa de mantenimiento preventivo.

3.3.5 Mantenimiento Productivo Total (TPM)

Estrategia destinada a elevar la productividad mejorando el mantenimiento y las practicas correspondientes, hoy se le reconoce como una excelente herramienta para llevar a cabo todos esos índices de gestión que se requiera durante la optimización del mantenimiento, esta estrategia en condiciones administrativas es llamada TPM (Mantenimiento Productivo Total), la cual implica la participación de todo el personal desde la dirección hasta el nivel técnico.

3.3.5.1 Definición⁷. Una definición completa del TPM, incluye los siguientes cinco elementos:

- El TPM contempla maximizar la efectividad del equipo (Costos, MTBF, MTTR= efectividad global).
- El TPM establece un sistema completo de PM para la vida entera del equipo.
- El TPM se implementa por varios departamentos (Ingeniería, Operación, Mantenimiento, Recursos Humanos).
- El TPM incluye a cada empleado particular, desde la alta dirección hasta los trabajadores de la planta.
- El TPM se basa en la promoción del PM a través de la dirección de la motivación: Actividades autónomas de pequeños grupos.

La meta dual de TPM es cero averías y cero defectos, cuando se eliminan las averías y defectos, las tasas de operación del equipo mejoran, los costos se reducen, el stock puede minimizarse y como consecuencia la productividad en términos de índices y personal aumenta.

⁷ NAKAJIMA, Seiichi. Introducción al TPM. Norwalk-Connecticut, Massachusetts (1984) Pág. 10-11

Por lo anterior descrito implementando el TPM logramos que la compañía sea más competente, teniendo en cuenta el cumplimiento de algunos factores como calidad, costos y entrega a tiempo en las reparaciones, aumentamos la eficiencia en los sistemas de gestión obteniendo cero perdidas en los departamentos con la participación de todo el personal de la compañía.

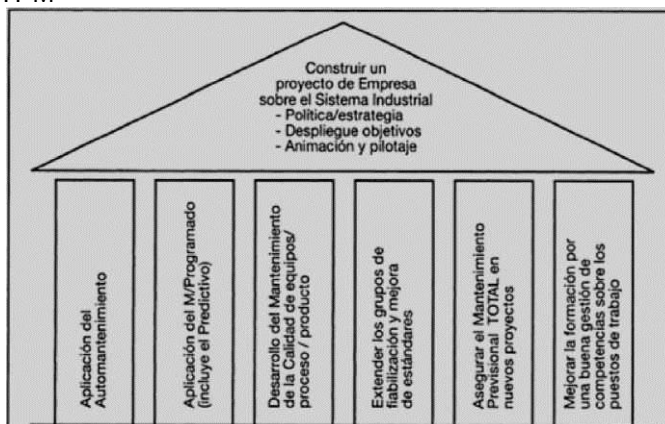
En Mantenimiento Productivo Total, la palabra "total" tiene tres significados que describen las características principales del TPM.

- Efectividad total: persigue la eficiencia económica o rentabilidad.
- Sistema de mantenimiento total: incluye prevención del mantenimiento y mejora del mantenimiento.
- Participación total de todos los empleados: incluye el mantenimiento autónomo por los operarios a través de las actividades de pequeños grupos.

3.3.5.2 Pilares del TPM.⁸ El TPM es el resultado de una forma de actuar y estar en la compañía que se refleja en el trabajo diario, podemos visionarlo como una casa organizacional, formado por los siguientes componentes. Ver figura 5.

➤ **Tejado o Cabeza.** Integrado por las etapas de la preparación del proyecto y programa TPM, es decir:

Figura 5. Pilares del TPM



Fuente: REY SACRISTÁN, Francisco. Mantenimiento total de la producción, Fundación Confemetal-Editorial (2001), Pág. 48-49

- El proyecto de empresa en base a la estrategia de la dirección de la compañía.
- La animación y pilotaje en base a la identificación de una célula de pilotaje y de aplicación, preparando ésta los planes de formación e información de toda la estructura de la empresa.
- El conocimiento de la situación de partida: estado de los lugares de equipo y organización.

⁸REY SACRISTÁN, Francisco. Mantenimiento total de la producción, Fundación Confemetal-Editorial (2001), Pág. 48-49

➤ **Los tres pilares básicos.**

- Los grupos de fiabilización para eliminar por mejoras todo tipo de funcionamiento.
- La aplicación del auto mantenimiento y mantenimiento espontaneo.
- La aplicación del mantenimiento programado.
- El mantenimiento de la calidad de los equipos.
- Las actividades del mantenimiento previsional en el diseño de nuevos equipos capitalizando todo tipo de experiencias (Ingeniería de mantenimiento).
- La formación y el perfeccionamiento continuo en competencias de todos los empleados.

➤ **Cimiento o base.** Aplicación de las 5'S y el respeto a la seguridad e higiene en el trabajo, así como el medio ambiente. Esta estructura se controla periódicamente para evaluar la evolución del proyecto de la empresa y el logro de sus objetivos. El TPM es una forma de integrar a cada operario en el mantenimiento diario, con el fin de prevenir fallas eventuales, realizando actividades de limpieza, lubricación, operación adecuada y sentido de pertenencia a los equipos. Para aumentar los conocimientos y habilidades del personal debemos capacitarlos de manera continua para que puedan desarrollar sus actividades eficientemente, logrando mejorar la calidad general de los equipos.

3.3.5.3 Metas del TPM. Las dos metas del Mantenimiento Productivo Total (TPM) son el desarrollo de las condiciones óptimas en el taller como sistema hombre-máquina y mejorar la calidad general del lugar del trabajo.⁹

Para mantener un sistema de gestión global es importante crear un ambiente de trabajo sin accidente y sin contaminación, tener un buen enfoque ambiental nos ayuda a optimizar el proceso aumentando la productividad y calidad en los trabajos realizados. Implementar métodos para preservar un buen estado de los equipos, un ambiente de salud física, social y mental de todos los empleados.

3.3.5.4 Objetivos del TPM. Los objetivos que busca esta estrategia son:

1. Cero averías en los equipos
2. Cero defecto en la producción
3. Cero accidentes laborales
4. Mejorar la producción
5. Minimizar los costos

Estas acciones deben conducir a la obtención de productos y servicios de alta calidad, mínimo costo de producción, alta moral en el trabajo y una imagen de la

⁹ ESPINOSA, Fernando. TPM-Mantenimiento productivo total, Charlas para la gestión de mantenimiento. Agosto 5 de 2013. Disponible en: <http://campuscurico.utalca.cl/~fespinos/CONCEPCION%20TPM%20MANTENIMIENTO%20PRODUCTIVO%20TOTAL.pdf>. Pág. 10

empresa excelente. No solo debe participar las áreas productivas, se debe buscar la eficiencia global con la participación de todas las personas de todos los departamentos de la empresa.¹⁰

3.3.5.5 Pasos para la implementación del TPM. La industria japonesa recomienda que para la implementación de la estrategia debamos seguir estas fases para lograr el objetivo requerido en la empresa.

Tabla 1. Pasos de implementación del TPM.

FASE	PASOS
• PREPARACIÓN	1. Adopción y anuncio de la decisión de introducir el TPM en la empresa. 2. Educación introductoria sobre el TPM y campaña de difusión. 3. Creación de un comité y de una organización para la promoción interna del TPM. 4. Establecer los lineamientos básicos (objetivos y políticas) para el desarrollo del TPM en la empresa. 5. Diseñar un plan maestro para la implantación del programa.
• INTRODUCCIÓN AL TPM	6. Lanzamiento del programa dentro de la compañía.
• IMPLANTACIÓN	7. Desarrollo de los pilares propuestos por el TPM 8. Desarrollar de un sistema para la gestión temprana de equipos 9. Establecer un sistema para el mantenimiento de la calidad. 10. Desarrollar un sistema administrativo de apoyo eficaz 11. Desarrollar un sistema para el mantenimiento de la salud, la seguridad y el entorno.
CONSOLIDACIÓN - CONTINUIDAD	12. Consolidar la implantación del TPM y mejorar las metas y objetivos legales.

Fuente: NAKAJIMA, Seiichi. Implantación TPM, Madrid- España

La implementación del TPM en las compañías representa unas ventajas antes sus más fuertes competidores, por eso en la actualidad se ha dado importancia a las estrategias de mantenimiento para mejorar sus procesos de gestión, a continuación presentamos un cuadro donde encontramos los diferentes beneficios, así como el impacto que tendrá la compañía durante su optimización.

¹⁰ García Alejandra. Mantenimiento total productivo, Proyecto en ingeniería en mantenimiento mecánico, Consultado Septiembre 04 de 2013, Disponible en:
<http://www.slideshare.net/Alexandra797/mantenimiento-productivo-pdf>. Pág. 2-3

3.3.5.6 Beneficios del TPM.¹¹

Tabla 2. Beneficios del TPM (Organizativos-seguridad-productividad)

ORGANIZACIÓN	SEGURIDAD	PRODUCTIVIDAD
• Mejora de calidad del ambiente de trabajo. • Mejor control de las operaciones. • Incremento de la moral de los operadores. • Creación de una cultura de responsabilidad, disciplina y respeto por las normas. • Aprendizaje permanente. • Creación de un ambiente donde la participación, colaboración y creatividad sean una realidad. • Dimensionamiento adecuado de las plantillas del personal • Redes de comunicación eficientes.	• Mejorar las condiciones ambientales. • Cultura de prevención de eventos negativos para la salud. • Entender el porqué de ciertas normas, en lugar de como hacerlo. • Prevención y eliminación de causas potenciales de accidentes. • Eliminar radicalmente las fuentes de contaminación y polución.	• Eliminar pérdidas que afectan la productividad de las plantas • Mejora la disponibilidad y fiabilidad de los equipos. • Reducción de costos de mantenimiento • Mejora de la calidad del producto final • Mejor costo financiero por recambios • Mejora de la tecnología de la empresa • Crear capacidades competitivas desde la fábrica.

Fuente: García Alejandra. Mantenimiento productivo total, proyecto en ingeniería de mantenimiento mecánico

3.3.6 Mantenimiento Autónomo. Permite a todos los operadores a realizar una inspección diaria a los equipos con el fin de reportar cualquier anomalía que se estén presentando y para prevenir alguna falla. Esta actividad cuenta con la participación de producción dentro del TPM, en la cual mantienen las condiciones básicas del mantenimiento de los equipos, liderado por los gerentes o por los responsables de esta estrategia de mantenimiento.

3.3.6.1 Objetivo del mantenimiento autónomo. La misión del departamento de producción es producir buenos productos tan rápidamente y baratos como sea posible. Una de sus funciones más importante es detectar y tratar con prontitud las anomalías del equipo, que es precisamente el objetivo de un buen mantenimiento. El mantenimiento autónomo incluye cualquier actividad realizada por el departamento de producción relacionada con una función de mantenimiento y que pretenda mantener la planta operando eficiente y establemente con el fin de satisfacer los planes de producción. Los objetivos son:

¹¹ García Alejandra. Mantenimiento productivo total, proyecto en ingeniería de mantenimiento mecánico, consultado Septiembre 06 de 2013, Disponible en: <http://www.slideshare.net/Alexandra797/mantenimiento-productivo-pdf>. Pág. 5-6

- Evitar el deterioro del equipo a través de una operación correcta y chequeos diarios.
- Llevar el equipo a su estado ideal a través de su restauración y una gestión apropiada.
- Establecer las condiciones básicas necesarias para tener el equipo bien mantenido permanentemente.

Otro objetivo importante es utilizar el equipo como medio para enseñar nuevos modos de pensar y trabajar.

3.3.6.2 Paso a paso mantenimiento autónomo. Se implanta en 7 pasos, empezando por la limpieza inicial y procediendo regularmente hasta la plena autogestión. Con ello se pretenden establecer unas condiciones de proceso óptimas aplicando repetidas interacciones del ciclo de dirección para la mejora continua.¹²

Tabla 3. Pasos del mantenimiento autónomo.

PASOS	ACTIVIDADES
1. Realizar limpieza inicial	° Eliminar el polvo y la suciedad del equipo.
	° Descubrir las irregularidades tales como los ligeros defectos, fuentes de contaminación, lugares inaccesibles, y defectos de calidad.
	° Eliminar los elementos innecesarios y raramente usados y simplificar el equipo.
2. Eliminar las fuentes de contaminación y	° Reducir el tiempo dedicado a dejar en orden el equipo, eliminando las fuentes de polvo y suciedad, evitando la dispersión, y mejorando las partes que sean de limpieza, chequeo, lubricación, apretado o manipulación difíciles.
	° Formular estándares de trabajo que ayuden a mantener la limpieza, lubricación y apretado de pernos a niveles adecuados con mínimo tiempo y esfuerzos.
3. Establecer estándares de limpieza y	° Mejorar la eficiencia del trabajo de inspección introduciendo controles visuales.
	° Facilitar formación sobre técnicas de inspección con base en manuales.
4. Realizar la inspección general del equipo	° Poner en condición óptima a elementos individuales del equipo mediante la inspección general.
	° Modificar al equipo para facilitar el chequeo, hacer un uso extenso de los controles visuales.
	° Facilitar instrucción sobre los rendimientos del proceso, operaciones y ajustes, adiestrar sobre el manejo de anomalías con el fin de mejorar la fiabilidad operacional y tener operarios competentes.
5. Realizar inspecciones generales de los procesos	° Impedir las duplicidades u omisiones en la inspección, incorporando en la inspección periódica de cada equipo estándares provisionales de inspección, limpieza, y reposición de procesos entero o del área.
	° Instaurar el mantenimiento de calidad y de seguridad estableciendo claros procedimientos y estándares.
	° Mejorar los procedimientos de preparación y reducir el tiempo en proceso.
6. Mantenimiento autónomo sistemático	° Establecer un sistema de auto-gestión, para mejorar el flujo en el lugar de trabajo, las piezas de repuestos, herramientas, trabajo en curso, productos finales, datos, etc.
	° Desarrollar actividades de mejoras y estandarizarlas de acuerdo con los objetivos y políticas, y reducir costos, eliminando el desperdicio en los lugares de trabajo.
	° Mejorar continuamente los equipos llevando registros precisos del mantenimiento y analizando los datos sistemáticamente.
7. Practica plena de la auto-gestión	

Fuente: SUZUKI, Tokutaro. TPM en industrias de proceso, Madrid-España: TGP-Hoshin 1995. Pág. 102

¹² SUZUKI, Tokutaro. TPM en industrias de proceso, Madrid-España: TGP-Hoshin 1995. Pág. 87-101

3.3.7 Las 5's (Seiri - Seiton - Seiso - Seiketsu - Shitsuke)

Las 5'S es una herramienta de trabajo que está basada en cinco palabras japonesa, cinco disciplinas para lograr un equipo de trabajo auto-disciplinario para la práctica de hábitos que construyen un ambiente para la calidad, limpio y organizado.

3.3.8 Metodología de las 5'S.¹³

3.3.8.1 Seiri - Clasificar. El propósito de clasificar significa retirar de los puestos de trabajo todos los elementos que no son necesarios para las operaciones de mantenimiento o de oficinas cotidianas. Los elementos necesarios se deben mantener cerca de la acción, mientras que los innecesarios se deben retirar del sitio, donar, transferir o eliminar. Se obtendrán los siguientes beneficios:

- Más espacio.
- Mejor control de inventario.
- Eliminación del despilfarro.
- Menos accidentabilidad.

3.3.8.2 Seiton - Organizar. Pretende ubicar los elementos necesarios en sitios donde se puedan encontrar fácilmente para su uso y nuevamente retornarlos al correspondiente sitio. Con esta aplicación se desea mejorar la identificación y marcación de los controles de los equipos, instrumentos, expedientes, de los sistemas y elementos críticos para mantenimiento y su conservación en buen estado.

Permite la ubicación de materiales, herramientas y documentos de forma rápida, mejora la imagen el área ante el cliente "da la impresión de que las cosas se hacen bien", mejora el control de stocks de repuestos y materiales, mejora la coordinación para la ejecución de trabajos. En la oficina facilita los archivos y la búsqueda de documentos, mejora el control visual de las carpetas y la eliminación de la pérdida de tiempo de acceso a la información. Se obtiene los siguientes beneficios:

- Nos ayuda a encontrar fácilmente documentos u objeto de trabajo, economizando tiempo y movimientos.
- Facilita regresar a sus hogar los objetos o documentos que hemos utilizados.
- Ayuda a identificar cuando falta algo.
- Dar una mejor apariencia.

¹³ VARGAS, Héctor. Manual de implementación programa 5'S, Consultado 8 de septiembre 2013, disponible en: <http://www.eumed.net/cursecon/libreria/2004/5s/2.pdf>. Pág. 12-24

3.3.8.3 Seiso - Limpiar. Pretende incentivar la actitud de limpieza del sitio de trabajo y lograr mantener la clasificación y el orden de los elementos. El proceso de implementación se debe apoyar en un fuerte programa de entrenamiento y suministro de los elementos necesarios para su realización, como también del tiempo requerido para su ejecución. Se obtiene los siguientes beneficios:

- Aumenta la vida útil del equipo e instalaciones.
- Menos probabilidad de contraer enfermedades.
- Menos accidentes.
- Ayuda a evitar mayores daños a la ecología.

3.3.8.4 Seiketsu -Estandarizar. En esta etapa se tiende a conservar lo que se ha logrado, aplicando estándares a la práctica de las tres primeras "S". Esta cuarta S está fuertemente relacionada con la creación de los hábitos para conservar el lugar de trabajo en perfectas condiciones.

Se trata de estabilizar el funcionamiento de todas las reglas definidas en las etapas precedentes, con un mejoramiento y una evolución de la limpieza, ratificando todo lo que se ha realizado y aprobado anteriormente, con lo cual se hace un balance de esta etapa y se obtiene una reflexión acerca de los elementos encontrados para poder darle una solución. Se obtiene los siguientes beneficios:

- Se mejora el bienestar del personal al crear un hábito de conservar impecable el sitio de trabajo en forma permanente.
- Los operarios aprenden a conocer con profundidad el equipo y elementos de trabajo.
- Se evitan errores de limpieza que pueden conducir a accidentes o riesgos laborales innecesarios.

3.3.8.5 Shitsuke - Disciplina. La práctica de la disciplina pretende lograr el hábito de respetar y utilizar correctamente los procedimientos, estándares y controles previamente desarrollados. En lo que se refiere a la implantación de las "5S", la disciplina es importante porque sin ella, la implantación de las cuatro primeras S se deteriora rápidamente.

La disciplina no es visible y no puede medirse a diferencia de las otras S que se explicaron anteriormente. Existe en la mente y en la voluntad de las personas y solo la conducta demuestra la presencia, sin embargo, se pueden crear condiciones que estimulen la práctica de la disciplina. Se obtienen los siguientes beneficios:

- Se evitan reprimendas y sanciones.
- Mejora nuestra eficacia.
- El personal es más apreciado por los jefes y compañeros.
- Mejora nuestra imagen.

4. IMPLEMENTACIÓN DEL TPM

Los objetivos del TPM son: cero averías en producción, cero defectos de calidad y cero accidentes, cuando esto se ha logrado, el periodo de operación mejora, los costos se reducen, el inventario puede ser minimizado, y en consecuencia la productividad se incrementa. Típicamente se requieren tres años desde la introducción del TPM para obtener resultados satisfactorios y el costo dependerá del estado inicial del equipo y de la experiencia del personal de mantenimiento.

Para introducir el TPM en una planta, la alta dirección debe incorporar el TPM dentro de las políticas básicas de la compañía, y concretar las metas, tales como incrementar el periodo de uso de equipo a más del 80%, reducir las averías en un 50%, etc. Una vez que las metas están establecidas, cada empleado debe entender, identificar y desarrollar las actividades de pequeños grupos en el lugar de trabajo, que aseguren el cumplimiento de las metas. En TPM, los grupos pequeños establecen sus propias metas basadas en las metas globales.

La mayoría de la gente tiene resistencia innata al cambio, aun con los cambios que tienen consecuencias deseables, TPM, incrementa productividad, calidad, reduce costos, mejora las ganancias, y crea un ambiente favorable para los trabajadores. Aun así la alta gerencia de muchas compañías cuestiona el uso de TPM, aun observando los resultados dramáticos obtenidos por otras compañías

4.1 DESARROLLO DE LOS PILARES PROPUESTOS POR EL TPM.

Para una implementación exitosa del TPM requiere el apoyo de los pilares fundamentales como soporte a la estructura. Debido a que los pilares dan estructura y fuerza estos son los cimientos básicos para la consolidación del TPM, su puesta en marcha requiere trabajo de varias áreas y deben implementarse casi simultáneamente.

Se realizaron visitas a la línea de cemento de la empresa de Cementos del Oriente S.A. de Sogamoso, Boyacá. con el fin de describir las condiciones físicas, de seguridad, orden y limpieza con las que cuenta el lugar, a través de una serie de formatos que permitirán registrar los elementos que contiene el lugar y sus condiciones, los factores que ponen en riesgo la seguridad de las personas y que contribuyen a un ambiente insalubre.

4.2 MANTENIMIENTO AUTÓNOMO.

En esta monografía se plantea dejar el plan para la implementación del pilar de mantenimiento autónomo en sus 3 primeras fases que son:

- Aplicar las 5S
- Limpieza inicial

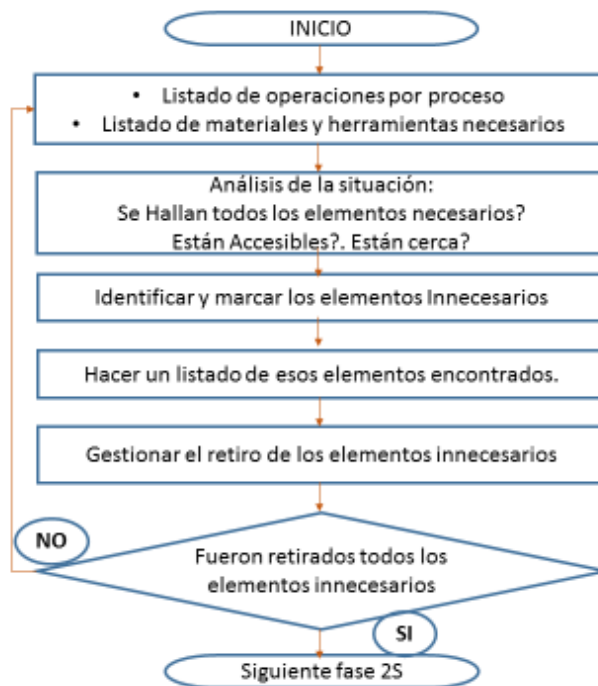
- Eliminación de fuentes de contaminación y lugares de difícil acceso.
- Estándares preliminares de limpieza, lubricación y ajuste.

Consiste en hacer partícipe al operario en el mantenimiento realizado por el personal de producción, este se desarrolla en las personas con la capacidad de detectar y prevenir la contaminación por agentes externos, las rupturas de ciertas piezas, los desplazamientos y los errores en la manipulación con solo instruir al operario en limpiar, lubricar y revisar. El pilar consiste en 7 fases que deben desarrollarse secuencialmente para su implementación.

4.2.1 Paso 0. Programa 5'S. Lo que se aspira con el método o programa de la 5S, es tener un entorno agradable, ordenado y limpio para que los trabajadores puedan desempeñar o realizar sus labores con mayor entusiasmo y eficiencia y tener una plataforma para la implementación del pilar de autónomo. Para cumplir con lo anterior se diseñó un plan para cada una de las 5S así:

4.2.1.1 SEIRI, clasificar; programa implementación. Seiri o clasificar permite retirar de los puestos de trabajo todos los elementos que no son necesarios para las operaciones de producción, En SEIRI los elementos necesarios se deben mantener cerca de la "acción", mientras que los innecesarios se deben retirar del sitio o eliminar.

Figura 6: Procedimiento para SEIRI



- **Registro de SEIRI.** Se debe registrar y mantener un informe del avance de las acciones desarrolladas en la etapa de SEIRI, los registros de los elementos innecesarios y la implantación de las tarjetas rojas y amarillas se deben identificar y elaborar un acta entre las áreas de calidad, producción y mantenimiento para su aprobación y posterior validación en la auditoria.

Tabla 5. Implantación del SEIRI

SEIRI, SELECCIONAR								
Fecha de emisión			Versión		Revisión		Código: MC-xx	
No	Acción a desarrollar	Responsable	Código	Equipo	Registro	Fecha Día Mes		Cumple
	LISTA DE OPERACIONES							
	LISTA DE ELEMENTOS INNECESARIOS							
	APLICAR TARJETAS DE COLORES							
	REGISTROS DEL SEIRI							
	TOTAL							
CONTROL DE RESPONSABLES								
Responsable: Nombre/Firma				Aprobó: Nombre/Firma				
Cargo:				Cargo:				

Fuente: los autores de la monografía.

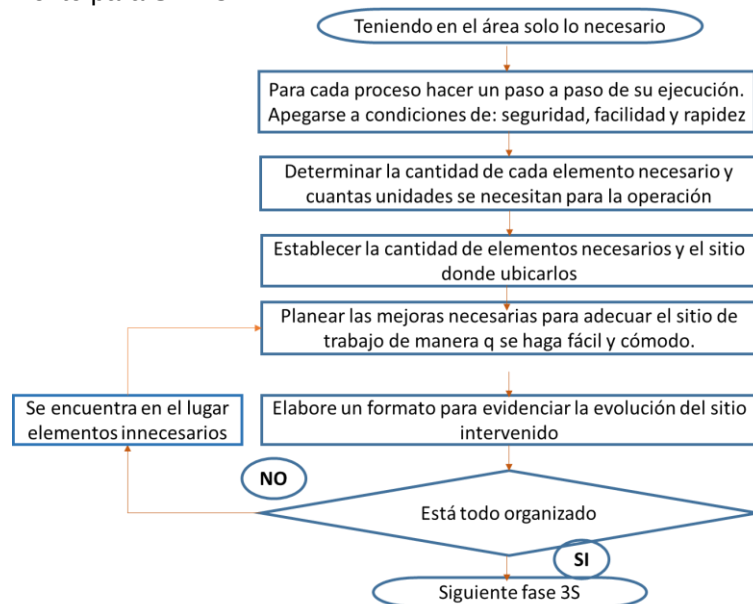
Tabla 6. Auditoria Seiri

AUDITORIA SEIRI					
Fecha de emisión		Versión		Revisión	
Código: MC-xx					
AUDITORES		FECHA			
ÁREA AUDITADA					
AUDITORIA ANTERIOR		CALIFICACIÓN			
PROCESO A AUDITAR	QUE VERIFICAR (SUGERENCIAS)	PUNTUACIÓN			
		B	R	M	
CLASIFICACION ELIMINACION SEIRI	Se tiene material acumulado en las áreas de trabajo?				
	Considera que su área de trabajo esta limpia?				
	Se han realizados malos trabajos debido a la suciedad?				
	Cuenta con un área para colocar sus cosas personales?				
	Considera que las áreas de trabajo están ordenadas?				
	Retira la basura con frecuencia de tu área?				
Están los materiales y herramientas accesibles para su uso?					
CALIFICACIÓN					
AUDITORES: Nombre/Firma					

Fuente: los autores de la monografía

4.2.1.2 SEITON, Ordenar; programa de implementación. Seiton permite disponer de forma ordenada los elementos necesarios de tal manera que se tenga fácil acceso y que sea seguro. Requiere que cada elemento disponga de una ubicación nombre y cantidad. Seiton es un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar.

Figura 8: Procedimiento para SEITON.



- **Implantación SEITON.** Se hace control visual para informar de manera fácil entre otros los siguientes temas:

- Sitio donde se encuentran los elementos.
- Sitio donde deben ubicarse las Hojas de iniciación de máquina, manuales de operación y manual de 5s; actividades que se realizan o complementan el trabajo del equipo para el proceso que está destinado.
- Dónde ubicar el material en proceso, producto final y si existe, productos defectuosos.
- Sitio donde deben ubicarse y la manera cómo deben preservarse los instrumentos de medición y ensayo
- Sitio donde deben ubicarse los elementos de aseo, limpieza y residuos clasificados.
- Donde ubicar los elementos de registro de los operarios¹⁴

Los controles visuales ayudarán en la implementación del paso de autónomo TPM.

- **Elaborar el Mapa 5 "S"**

Este mapa es un plano que muestra la ubicación de los elementos que se pretenden ordenar en el área de la planta. El Mapa 5S muestra donde ubicar el herramental del área para cada operación, que incluye roto válvulas, separadores, espaciadores, llaves, etc., además de los elementos de seguridad, extintores, armarios con documentos o elementos de la máquina, etc.

¹⁴ Internet: Ing. Víctor Manuel Gerbán.

- **Codificación de equipos, por colores y ubicación.**

Definidas las localizaciones en el plano, es necesario codificar la ubicación de cada uno de los elementos que existen en el área, de forma que cada trabajador sepa dónde están las cosas, y cuántas unidades de cada elemento hay en cada sitio, en este caso empleamos letreros con los nombres de las áreas de trabajo, letreros y tarjetas. Adicionalmente se marca con colores las piezas, herramientas, conexiones, tipos de lubricantes y sitio donde se aplican.

- **Identificar los contornos de las máquinas y herramientas.**

Se usan plantillas de contornos para indicar la colocación de herramientas, la delimitación del área de una máquina y sus componentes, la zona de ubicación de los procedimientos y estándares, etc. En este paso se limita un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar.

Tabla 7. Implantación de Seiton

SEITON, ORGANIZAR								
Fecha de emisión			Versión		Revisión		Código: MC-xx	
No	Acción a desarrollar	Responsable	Código	Equipo	Registro	Fecha Día Mes		Cumple
1	REVISIÓN PASO SEITON							
2	CONTROL VISUAL							
3	ELABORACIÓN MAPA 5S							
4	CODIFICACIÓN Y MARCACIÓN DE EQUIPOS							
5	IDENTIFICACIÓN CONTORNO DE MAQUINAS							
TOTAL								
CONTROL DE RESPONSABLES								
Responsable: Nombre/Firma					Aprobó: Nombre/Firma			
Cargo:					Cargo:			

Tabla 8. Auditoria Seiton

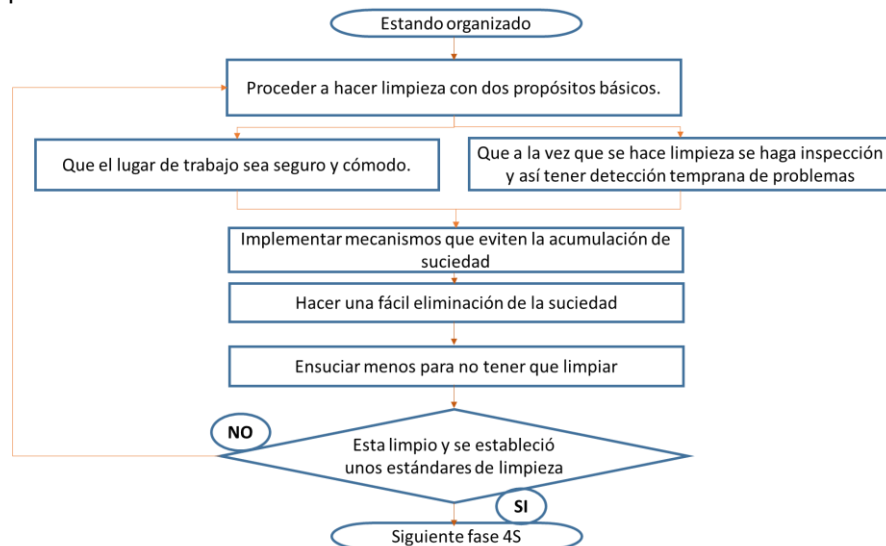
AUDITORIA SEITON				
Fecha de emisión		Versión		Revisión
Código: MC-xx				
AUDITORES		FECHA		
ÁREA AUDITADA				
AUDITORIA ANTERIOR		CALIFICACIÓN		
PROCESO A AUDITAR	QUE VERIFICAR (SUGERENCIAS)		PUNTUACIÓN	
		B	R	M
ORGANIZACIÓN SEITON	Se encuentra las zonas de riesgo bien marcadas, con cinta de rallado y se respeta?			
	Las puertas están debidamente señaladas y están delimitados adecuadamente los pasillos			
	Están identificados los procesos, áreas y equipos con letreros o etiquetas visibles			
	Están delimitadas las áreas de trabajo, equipos y maquinaria?			
	Están identificados cada uno de los lugares de almacenamiento o archivo?			
CALIFICACIÓN				
AUDITORES: Nombre/Firma				

Fuente: los autores de la monografía

4.2.1.3 SEISO, Limpiar y verificar, programa de implementación. Al haber identificado un lugar para cada cosa se realiza la limpieza con dos Propósitos:

1. Hacer del lugar del trabajo un sitio seguro y confortable
2. Combinar la limpieza con la inspección de tal manera que se detecten fallas o anomalías a tiempo.

Figura 9: Implantación SEISO.



- **Campaña de limpieza.** En esta jornada se eliminan los elementos innecesarios, se limpia el equipo, se colocan las tarjetas de autónomo, se organizan los separadores, espaciadores, los armarios de herramental y los estantes de ubicación de manuales y procedimientos. En esta etapa se asignan las responsabilidades para el contenido de trabajo de limpieza en el área.
- **Desarrollar el manual de limpieza.** Es un manual de entrenamiento para limpieza. El manual incluye:
 - Propósitos de la limpieza.
 - Fotografía o gráfico del equipo donde se indique la asignación de zonas o partes del taller.
 - Mapa de seguridad del equipo indicando los puntos de riesgo que se pueden encontrar durante el proceso de limpieza.
 - Fotografía del equipo humano que interviene en el cuidado de la sección.
 - Elementos de limpieza necesarios y de seguridad.
- **Preparar elementos para la limpieza.** Los elementos para la limpieza como la estopa, agua, desengrasantes y aceites, siempre están disponibles, ordenados y clasificados para su correcto uso y siempre con sus especificaciones de uso y seguridad.

- **Implantación de la limpieza.** Retirar la calamina (polvo metálico) de los componentes de la máquina, confinarlo, retirar el polvo, aceite, grasa sobrante de los puntos de lubricación, remover capas de grasa y mugre depositadas sobre las guardas de los equipos, rescatar los colores de la pintura o del equipo ocultos por el polvo, incluir los gabinetes eléctricos y realizar el trabajo incluyendo al limpieza de los lugares de difícil acceso.

Tabla 9. Implantación de Seiso

	SEISO, LIMPIEZA								
	Fecha de emisión			Versión		Revisión		Código: MC-xx	
	Acción a desarrollar		Responsable	Código	Equipo	Registro	Fecha Día Mes		Cumple
	1	IMPLEMENTAR CAMPAÑA DE LIMPIEZA							
	2	PLANIFICAR LAS LIMPIEZAS							
	3	DESARROLLO DE MANUALES DE LIMPIEZA							
	4	PREPARACIÓN DE ELEMENTOS DE LIMPIEZA							
	5	HACER LA LIMPIEZA							
	TOTAL								
CONTROL DE RESPONSABLES									
Responsable: Nombre/Firma					Aprobó: Nombre/Firma				
Cargo:					Cargo:				

Tabla 10. Auditoria Seiso

	AUDITORIA SEISO					
	Fecha de emisión		Versión		Revisión	Código: MC-xx
	AUDITORES				FECHA	
	ÁREA AUDITADA					
	AUDITORIA ANTERIOR				CALIFICACIÓN	
PROCESO A AUDITAR	QUE VERIFICAR (SUGERENCIAS)			PUNTUACIÓN		
				B	R	M
LIMPIAR SEISO	Identifica el área de almacenamiento y limpieza en un lugar accesible?					
	La limpieza de las áreas de trabajo se realizan en equipo?					
	Como se verifica la limpieza en el área de trabajo?					
	El lugar de trabajo esta limpio y brillante?					
	El área auditada tiene establecidas las responsabilidades de limpieza?					
CALIFICACIÓN						
AUDITORES: Nombre/Firma						

Fuente: los autores de la monografía

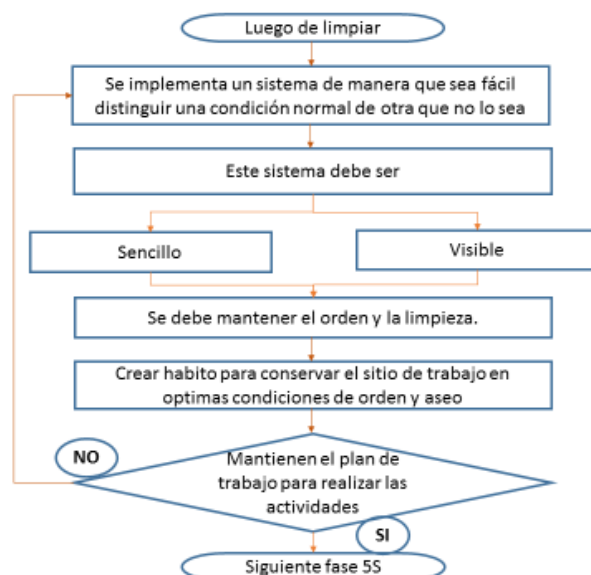
4.2.1.4 SEIKETSU, Mantener el orden y la limpieza, programa de implementación. Seiketsu es distinguir fácilmente una situación normal de otra anormal mediante normas sencillas y visibles para todos. La práctica del SHITSUKE pretende lograr el hábito de respetar y utilizar correctamente los procedimientos, estándares y controles previamente desarrollados.

Para desarrollar SEIKETSU, se deben tener en cuenta los siguientes pasos:

- 1 Realizar el diagrama de distribución del trabajo de limpieza preparado en Seiso.

- 2 Usar símbolos, colores o letreros para que el estándar se explique por sí mismo.
- 3 Definir los estándares de colores generales para la empresa como el color de las paredes, equipos, tuberías etc.

Figura 10: Implantación SEIKETSU



• Beneficios de Seiketsu.

- Se guarda el conocimiento producido durante años de trabajo.
- Sistemas auto explicativos.
- Facilita el mantenimiento.
- Se mantiene por escrito como mantener lo logrado.

Tabla 11. Implantación de Seiketsu

SEIKETSU, ESTANDARIZAR								
Fecha de emisión			Versión		Revisión		Código: MC-xx	
Acción a desarrollar	Responsable	Código	Equipo	Registro	Fecha		Cumple	
					Día	Mes		
1 IMPLEMENTAR LOS TRABAJOS DE LIMPIEZA								
2 HACER CAPACITACIONES SOBRE LOS MANUALES								
3 DESARROLLO AUDITORIAS 5S								
TOTAL								
CONTROL DE RESPONSABLES								
Responsable: Nombre/Firma				Aprobó: Nombre/Firma				
Cargo:				Cargo:				

Fuente: los autores de la monografía

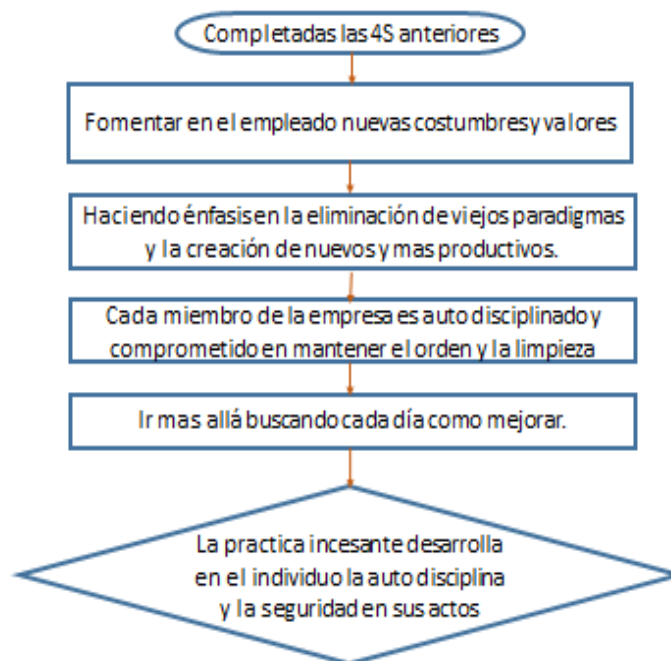
Tabla 12. Auditoria Seiketsu

AUDITORIA SEIKETSU				
Fecha de emisión		Versión	Revisión	Código: MC
AUDITORES		FECHA		
ÁREA AUDITADA				
AUDITORIA ANTERIOR		CALIFICACIÓN		
PROCESO A AUDITAR	QUE VERIFICAR (SUGERENCIAS)	PUNTUACIÓN		
		B	R	M
ESTANDARIZAR SEIKETSU	Cuenta el área con un sistema para dar seguimiento al proceso de eliminación y se aplica?			
	Los letreros para identificar materia prima dentro del proceso, se encuentran estandarizados?			
	Los tres primeros pasos de las 5S han llegado a ser un hábito en el área auditada?			
	Utiliza el personal los uniformes y equipos de seguridad y están estos limpios y presentados			
	Los lugares se encuentran delimitados según la guía de colores establecida?			
CALIFICACIÓN				
AUDITORES: Nombre/Firma				

Fuente: los autores de la monografía

4.2.1.5 SHITSUKE. Disciplina. Shitsuke es trabajar preferentemente de acuerdo con las normas establecidas en los 4 pasos anteriores, Con el SHITSUKE se logra la disciplina de cada uno de los trabajadores del área piloto con relación al mantenimiento vivo, del programa de 5S y se prepara el personal para la implementación básica del mantenimiento autónomo.

Figura 11: implantación SHITSUKE.



- **Pasos para su implementación:**

- Medición del grado de penetración de 5S y creación de la visión compartida.

Se identifica un objetivo común para la planta piloto, el cual debe ser compartido por todos los empleados y debe ser apoyado por la dirección, en este caso el objetivo es: Ser el mejor lugar para trabajar dentro de la planta y su evaluación se hace a través de la encuesta de nivel de satisfacción, dentro del modelo que está desarrollando la compañía.

- Formación y entrenamiento constantes

Es necesario educar e introducir mediante el entrenamiento de "aprender haciendo" cada una de las 5S.¹⁵

Para este propósito CEMENTOS DEL ORIENTE S.A. dispondrá de un programa de capacitación con énfasis en producción, donde se generan las posibilidades de capacitación y entrenamiento para adquirir las habilidades necesarias para la aplicación de 5S.

- **Tiempo permanente para la aplicación de 5S.** Todas las actividades desarrolladas en el área están basadas en la implementación de 5S, para esto se definen responsabilidades de parte de los trabajadores y de parte de la organización, para adquirir la disciplina en esta filosofía y hacer del área la muestra para la implementación de 5S a nivel de las plantas en general.

Las actividades específicas de la dirección son:

- Educar y entrenar al personal sobre los principios y técnicas de las 5 "s".
- Crear un equipo promotor o líder para la implantación en toda la planta.
- Asignar el tiempo para la práctica de las 5 "s" y MA.
- Suministrar los recursos para la implantación de las 5 "s".
- Motivar y participar directamente en la promoción de sus actividades.
- Evaluar el progreso y evolución de la implantación en cada área de la empresa.

Las actividades específicas de los trabajadores son

- Continuar aprendiendo más sobre la implantación de las 5S.
- Asumir con entusiasmo la implantación de las 5S.
- Colaborar en su difusión del conocimiento empleando las lecciones de un punto.
- Diseñar y respetar los estándares de conservación del lugar de trabajo.
- Realizar las auditorias de rutina establecidas.
- Pedir al jefe del área el apoyo o recursos que se necesitan para implantar las 5S.

¹⁵Manual de implementación programa 5´S <http://www.eumed.net/cursecon/libreria/2004/5s/3.pdf>

- Participar en la formulación de planes de mejora continua para eliminar problemas y defectos del equipo y áreas de trabajo.
- Participar activamente en la promoción de las 5S

Tabla 13. Implantación de Shitsuke

SHITSUKE, DISCIPLINA								
Fecha de emisión			Versión		Revisión		Código: MC-xx	
Acción a desarrollar			Responsable	Código	Equipo	Registro	Fecha Día Mes	
1 EVALUACION DEL PROGRAMAS DE ACTIVIDADES								
2 DESARROLLO DE PLANES DE ENTRENAMIENTO								
3 REVICION DE LA VICION COMPARTIDA								
TOTAL								
CONTROL DE RESPONSABLES								
Responsable: Nombre/Firma					Aprobó: Nombre/Firma			
Cargo:					Cargo:			

Fuente: los autores de la monografía

Tabla 14. Auditoria Shitsuke

AUDITORIA SHITSUKE				
Fecha de emisión		Versión		Código: MC-xx
AUDITORES		FECHA		
ÁREA AUDITADA				
AUDITORIA ANTERIOR		CALIFICACIÓN		
PROCESO A AUDITAR	QUE VERIFICAR (SUGERENCIAS)	PUNTUACIÓN		
		B	R	M
MANTENER SHITSUKE	Existe evidencia de que el personal sigue las reglas y normas establecidas?			
	Existen observaciones realizadas en auditorias anteriores que no han sido corregidas o q se repiten			
	Ha sido publicada en el área el reporte y las estrategias para corregir las desviaciones?			
	De que forma esta el personal del área auditada debidamente entrenado para la implementación de las 5S			
CALIFICACIÓN				
AUDITORES: Nombre/Firma				

Fuente: los autores de la monografía

4.2.1.6 Evaluación de las 5S. La evaluación de las 5S debe hacerse en el formato implementado para este propósito, diligenciar los datos del encabezado que son auditores, área de trabajo auditada y fecha. Haga una evaluación de cada una de las 5S asignando una calificación de 1 a 5 donde 1 es malo y 5 excelente.

Al evaluar cada una de las 5S, apóyese en la hoja de criterios, estos le darán una guía para que la evaluación sea lo más acertado posible, totalice cada S sumando los puntajes individuales y sacando el porcentaje.

Tome los datos de la evaluación en porcentajes y tabúlelos para generar una gráfica tipo radar. Haga lo mismo en cada evaluación para comparar el progreso del plan.

4.2.2 PASO 1. Limpieza inicial

4.2.2.1 Objetivos del paso 1. El objetivo del paso 1 es identificar anomalías a través de la limpieza e inspección utilizando los cinco sentidos. Hacer limpieza significa tener contacto manual con todas las partes y esquinas del equipo.

Inspeccionar es verificar si la situación encontrada está de acuerdo con la condición deseada, conforme a criterios preestablecidos. Es parte de la inspección el registro de las anomalías encontradas y las consecuentes acciones para eliminarlas.

4.2.2.2 Metodología de la implementación del paso 1. El objetivo del paso 1 del programa de mantenimiento autónomo es alcanzar las condiciones básicas de los equipos y establecer un sistema que mantenga esas condiciones básicas para elevar la confiabilidad del equipo a través de cuatro actividades.

4.2.2.3 Eliminar el polvo, la suciedad y los desechos: Una limpieza profunda fuerza a los operarios a palpar cada parte del equipo. Naturalmente esto incrementa su interés en no permitir que el equipo se ensucie de nuevo. A través de esta práctica los operarios controladores comprenden gradualmente los problemas que originan la contaminación y les estimula a pensar cómo mejorar los equipos para poder realizar la limpieza más fácilmente.

- **Descubrir todas las anomalías.** Una anomalía es una deficiencia, desorden, ligera irregularidad, defecto, falla o fisura: cualquier condición que pueda derivar en otros problemas. Con la limpieza profunda salen a la luz estas irregularidades ocultas y los operarios aprenden que la “limpieza es inspección”. Para la planta de Cementos del Oriente S.A. aplica la revisión de las tuercas de ajuste del montaje de los ejes, la revisión de los pernos y tuercas del equipo en general, la revisión del estado de los aceites de los componentes hidráulicos y el estado de lubricación de los puntos lubricados con grasa de las cabezas de corte y la revisión de las cadenas del sistema de molinos.

De presentarse una anomalía se aplica la técnica de las tarjetas de (anomalía). Se usan las AMARILLAS si la falla o posible avería no pone en riesgo la seguridad de los operarios o la integridad de la máquina o si no se afecta la calidad del producto en el proceso, en caso contrario se usa una tarjeta ROJA si se afecta negativamente y se pone en riesgo la integridad del operario, el equipo y el proceso en sí.

Figura 12: Tarjetas de anomalías

[illegible]

- ¹⁶ PUERTO FONSECA óscar Fernando, propuesta de un modelo para la implementación del mantenimiento productivo total (TPM) de primer nivel con aplicación en la industria manufacturera. Monografía de grado especialista en gerencia de mantenimiento. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de ingenierías físico-mecánicas. Escuela de Ingeniería mecánica, 2009.

4.2.2.4 Manual de limpieza.



MANUAL DE LIMPIEZA COMO INSPECCIÓN DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO CEMENTOS DEL ORIENTE S.A.

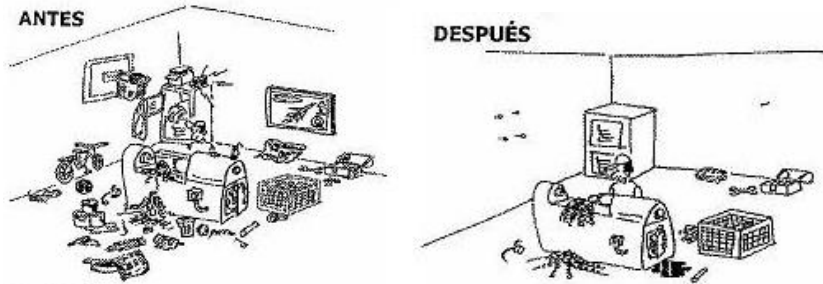
Fecha Emisión:

Versión: 1

Revisión: 1

Código: DC-

¿HACIA DONDE SE QUIERE IR?



Fuente: <http://mantenimientoing.blogspot.com/>

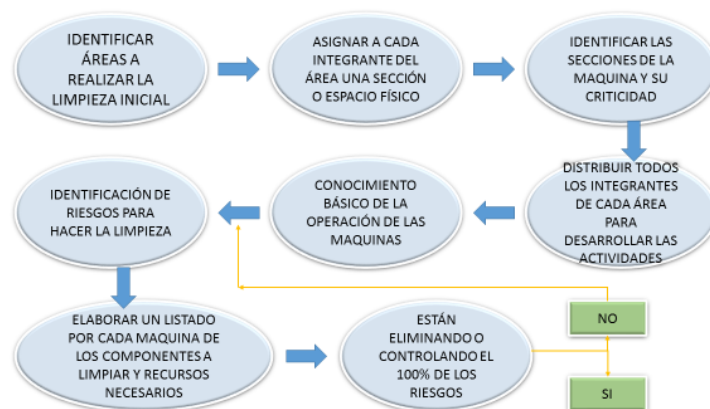
¿CONDICIONES ÓPTIMAS?

- Máquinas que operan eficientemente y no se averían nunca.
- Operan a la velocidad de diseño o más rápido sin tiempos muertos o paros menores.
- Nunca producen un producto defectuoso.
- Se detectan a tiempo anomalías.
- El trabajo se hace más agradable y seguro para quienes operan.

OBJETIVO

Crear conciencia del buen mantenimiento de planta y equipos, aumentando el conocimiento de los trabajadores sobre las máquinas y procesos, fomentado capacidades competitivas en cada área, para que puedan identificar elementos y partes y así poder diferenciar lo que está bueno de lo que está mal, ayudando a innovar permanentemente la organización.

¿COMO REALIZAR LA LIMPIEZA?



IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS O DEFECTOS

- Todos los campos de las tarjetas son importantes
- Fecha: dd/mm/año



MANUAL DE LIMPIEZA COMO INSPECCIÓN DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO CEMENTOS DEL ORIENTE S.A.

Fecha Emisión:

Versión: 1

Revisión: 1

Código: DC-

- Paso autónomo : (maque con el número del paso en que se encuentra el equipo)
- Maquina/ donde se encontró el problema.
- Sección: de la maquina donde hay la anormalidad
- Defina la prioridad con ayuda del especialista
- Reportado por: la persona que encontró el problema.
- Tipo de anormalidad: de acuerdo a lo encontrado.
- Descripción del problema: hacerlo de forma detallada de tal forma que la persona que sea asignada para solucionar la anormalidad pueda encontrarla fácilmente.

ORIGEN DE LAS AVERÍAS

SUCIEDAD: Se genera por falta de limpieza y eliminación del origen de la contaminación. Se debe controlar con:

- Inspección: apretar y prevenir la pérdida de tornillos
- Lubricación
- Estándar de limpieza y lubricación.

FALLO HUMANO: se genera por falta de capacitación del personal que labora en el área. Se debe controlar con:

- Capacitaciones y actualizaciones a todo trabajador que se desempeñe en planta.
- Dictar charlas de seguridad y mantenimiento.

DESGASTE O ROTURA DE HERRAMIENTAS: Se genera por falta de inspecciones regulares de las herramientas de trabajo por parte de los operarios y entes que aseguren el buen funcionamiento de las mismas. Se debe controlar con:

- Realizar listas de chequeo que permitan hacer las inspecciones de las herramientas.
- Hacer órdenes de trabajo para pedir inspección de herramientas por parte de personal externo.

ESTANDARIZAR

Es una herramienta que permite que el proceso productivo sea más seguro, fácil para los controladores y técnicos y que permita asegurar la calidad de un producto al cliente.

PUNTOS CLAVE DE LA ESTANDARIZACIÓN.

- Representan la mejor, más fácil y más segura forma de realizar un trabajo.
- Ofrecen la mejor manera de preservar el Know-How y la experiencia.
- Suministran una base para el mejoramiento y el mantenimiento

¿COMO ESTANDARIZAR?

- Identificar la sección de la máquina que se va a limpiar o inspeccionar en el plano mediante un número.



MANUAL DE LIMPIEZA COMO INSPECCIÓN DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO CEMENTOS DEL ORIENTE S.A.

Fecha Emisión:

Versión: 1

Revisión: 1

Código: DC-

- Medir el tiempo necesario para realizar la operación y a través de un seguimiento de cada cuanto se ensucia colocar la frecuencia

REALIZAR LA LIMPIEZA INICIAL



4.2.3 PASO 2. Eliminación de fuentes de contaminación y lugares de difícil acceso.

4.2.3.1 Objetivos del paso 2. El objetivo principal en este paso es disminuir los tiempos de limpieza e inspección, de tal forma que se faciliten estas acciones para volverlas una disciplina. En esta etapa se busca prevenir fugas y derrames de los siguientes productos sólidos, polvos y fluidos:

- Harina de Clinker, que se acumula en las bases de la tolva y en las herramientas de molienda.
- Lubricantes sólidos, como las grasas de lubricación de las tuercas de ajuste de los montajes y las graseras de la máquina en general.
- Lubricantes líquidos, como los aceites de las unidades hidráulicas y los aceites para la limpieza y preservación de las herramientas, molinos y bandas transportadoras.
- Fluidos hidráulicos y neumáticos, como el agua de refrigeración de las unidades hidráulicas y el freno de las bandas transportadoras y las fugas de aire de las redes instaladas en el área.

De otra parte en esta etapa se deben eliminar los lugares de difícil acceso que son áreas del equipo que por su forma y ubicación dificultan el acceso y labores de las actividades de:

- Limpieza
- Ajuste
- Inspección
- Operación
- Lubricación

4.2.3.2 Manual eliminación de fuentes de contaminación y lugares de difícil acceso.

	MANUAL DE ELIMINACIÓN DE FUENTES DE CONTAMINACIÓN Y LUGARES DE DIFÍCIL ACCESO CEMENTOS DEL ORIENTE S.A.		
Fecha Emisión:	Versión: 1	Revisión: 1	Código: DC-

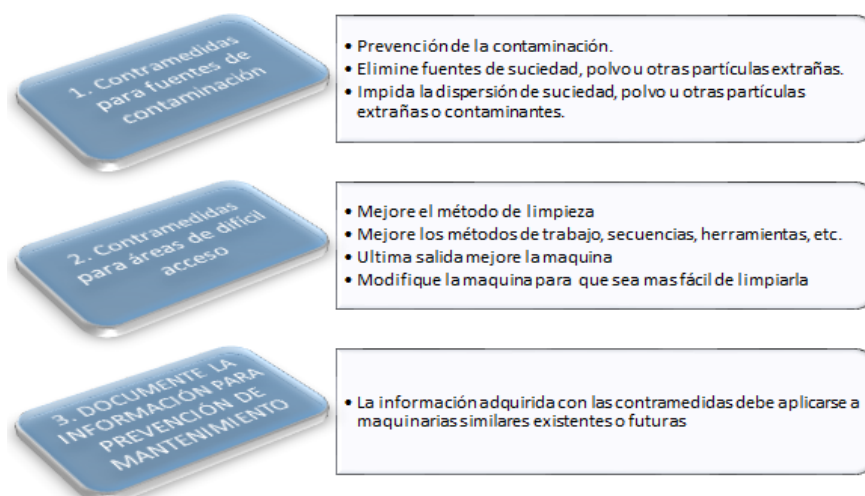
MEDIDAS PARA FUENTES DE CONTAMINACIÓN Y LUGARES DE DIFÍCIL ACCESO



PASOS PARA IDENTIFICAR FUENTES DE CONTAMINACIÓN

1. Identificar la fuente de contaminación.
2. Identificar el punto contaminante.
3. Identificar el elemento contaminante.
4. Análisis de la fuente de contaminación.
5. Medidas para eliminar la fuente de contaminación.
6. 'Retroalimentación de estándares.
7. Evaluación de contramedidas.

SECUENCIA DE EJECUCIÓN DE CONTRAMEDIDAS PARA FUENTES DE CONTAMINACIÓN Y ÁREAS DE DIFÍCIL ACCESO.





MANUAL DE ELIMINACIÓN DE FUENTES DE CONTAMINACIÓN Y LUGARES DE DIFÍCIL ACCESO CEMENTOS DEL ORIENTE S.A.

Fecha Emisión:

Versión: 1

Revisión: 1

Código: DC-

CONTRAMEDIDAS PARA LAS CAUSAS DE PROBLEMAS

1. Organización y repaso de las fuentes de contaminación
2. Organización y repaso de las áreas de difícil acceso
3. Repaso del estándar tentativo de limpieza del paso 1
4. Establecimiento de la meta de mejoramiento del tiempo de limpieza
5. Fuentes de contaminación:
 - Propuesta de contramedidas
 - Implementación de contramedidas
 - Evaluación de contramedidas
6. Áreas de difícil acceso:
 - Propuesta de contramedidas
 - Implementación de contramedidas
 - Evaluación de contramedidas
7. Evaluación del estándar de limpieza contra la meta
8. Establecimiento de controles visuales
9. Auditoria.

METAS A FUTURO



FACTORES DE ÉXITO

1. Conservar y asegurar las actividades desarrolladas en Paso 1
2. Eliminar las fuentes de contaminación del equipo y áreas cercanas de trabajo
3. Constantemente retroalimentar el estándar tentativo de limpieza
4. Preparar diagramas simples de funcionamiento del equipo.
5. Documentar siempre los mejoramientos realizados
6. Elaborar un plan detallado para eliminar las fuentes de contaminación

FACILITAR LA RÁPIDA RECUPERACIÓN Y PROMOVER LA PREVENCIÓN

Este sistema de comunicación permite mantener y mejorar cada "S" en forma sencilla, haciendo visibles las transgresiones. La detección de dificultades permite efectuar acciones correctivas y modificaciones, en caso de ser necesario.

4.2.4 PASO 3. Estándares preliminares de limpieza, lubricación y ajuste.

El paso 3 consiste en los preliminares de limpieza, lubricación y ajustes llamados preliminares LILA.

4.2.4.1 Objetivos del paso 3:

- Prevenir el deterioro del equipo manteniendo las condiciones básicas de acuerdo con los estándares diseñados.
- Establecer las condiciones básicas de lubricación
- Estandarizar de forma integrada la limpieza, inspección y lubricación, para prevenir el deterioro forzado del equipo.

De esta forma se garantiza el mantenimiento de los logros obtenidos en los pasos 0,1 y 2, asegurando el mantenimiento de las condiciones básicas a través de la estandarización.

4.2.4.2 Metodología de la implementación paso 3: Con base en la experiencia adquirida en las etapas anteriores, se deben preparar los estándares de inspección con el propósito de mantener y establecer las condiciones óptimas del estado del equipo.

"El estándar es un instrumento de trabajo que debe ser consultado, seguido y actualizado (cuando sea necesario), que garantiza la unificación de los procedimientos. Estandarizar consiste en "Documentar todo el procedimiento acordado y establecido previamente de forma que cualquier persona lo entienda y sea capaz de ejecutarlo".

Los estándares, en lo posible, deben ser preparados por el operador de la cortadora en compañía de los técnicos de mantenimiento, una vez se haya capacitado al primero para realizar esta labor. Como consecuencia de esta elaboración, el trabajador participará efectivamente en todas las actividades de cuidar, limpiar, lubricar, registrar y reportar las averías del equipo, en todo momento, disminuyendo el deterioro natural y eliminando el deterioro forzado.

Los pasos incluyen:

- Listado de puntos críticos del equipo teniendo en cuenta las recomendaciones de seguridad y medio ambiente.
- Elaboración de los estándares LILA.
- Revisión de los borradores de los estándares LILA y plan para la implementación de estándares definitivos.
- Implementación del control visual, pintura de tuberías por referencia de colores para las distintas aplicaciones, marcación de áreas peligrosas, marcación del sentido de flujo de los fluidos y sentido de giro de motores, etc.
- Elaboración de listas de chequeo de las LILAS.

- Estadísticas de aplicación de LILAS y ahorros en tiempos de inspección y limpieza.

Tabla 15. Plan de lubricación Cementos del Oriente S.A.

PLAN DE LUBRICACIÓN CEMENTOS DEL ORIENTE S.A.										
CÓDIGO	ACTIVIDAD	FRECUENCIA								
		D	S	Q	M	2M	3M	6M	A	2A
	Lubricación semanal									
	cura de fugas de aceite									
	lubricación quincenal									
	lubricación mensual									
	lubricacion trimestral									
	limpieza y ajuste unidades de mantenimiento									
	lubricacion anual									

4.2.4.3 Manual lubricacion en mantenimiento.

	MANUAL DE LUBRICACIÓN EN MANTENIMIENTO AUTÓNOMO		
	CEMENTOS DEL ORIENTE S.A.		
	Fecha Emisión:	Versión: 1	Revisión: 1
			Código: DC-

OBJETIVO

Entender la función del lubricante y desarrollar habilidades de inspección con mejor criterio para controlar las fugas que se puedan presentar en la máquina.

LUBRICACIÓN

Inspección General del Lubricante según los estándares, entendiendo la función del lubricante para poder aplicar la cantidad necesaria y el tipo requerido.

Conceptos Básicos a tener en cuenta:

- Tipos de lubricantes
- Métodos
- Criterio
- Herramientas
- Frecuencias
- Cantidades

SEGURIDAD ANTES DE INSPECCIONAR

Siempre antes de realizar cualquier actividad de inspección en la máquina tenga en cuenta los procedimientos seguros.

LUBRICACIÓN EN CADENAS

- **CADENA DE TRANSMISIÓN**

Elemento mecánico que sirve para transmitir movimiento, está constituida por una serie de eslabones metálicos enlazados entre sí.

- **LUBRICACIÓN DE CADENA**

Existen tres métodos, más comunes para lubricar la cadena: lubricación manual, lubricación gata a gota lubricación en baño de aceite.

LUBRICACIÓN DE CHUMACERAS

La función de la chumacera es la de sostener y al mismo tiempo generar el movimiento del eje por medio de rodamientos.

Función del lubricante en los rodamientos

Para que un rodamiento funcione de un modo fiable, es indispensable que esté adecuadamente fabricado con el objeto de evitar el contacto metálico directo entre los elementos rodantes, los caminos de rodadura y las jaulas, evitando también el desgaste y protegiendo las superficies del rodamiento contra la corrosión por tanto, la elección del lubricante y el método de lubricación adecuados, así como un correcto mantenimiento, son cuestiones de gran importancia.



MANUAL DE LUBRICACIÓN EN MANTENIMIENTO AUTÓNOMO CEMENTOS DEL ORIENTE S.A.

Fecha Emisión:

Versión: 1

Revisión: 1

Código: DC-

POSIBLES FALLAS EN LOS RODAMIENTOS

Dentro de las posibles fallas en un rodamiento encontramos:

- Contaminación
- Problemas de lubricación
- mal montaje
- Caída y golpes
- mal ajuste con el eje o alojamiento
- Corrosión
- Desgaste en las pistas
- Ruidos y Vibraciones
- Desprendimiento de Partículas

MÉTODOS DE INSPECCIÓN DE RODAMIENTO.

- identificar o detectar visualmente aristas cortantes
- No limpiar si hay exceso de grasa con el eje en movimiento
- Revise que la grasea esté sin abolladuras
- Revise que la grasea no esté tapada

MÉTODOS DE INSPECCIÓN DE LAS UNIDADES DE MANTENIMIENTO

Nunca lave el vaso del lubricante con desengrasante u otro líquido inflamable, siempre utilice agua, jabón y séquelo bien.

1. Apague la máquina y bloquéela
2. Verifique que en el manómetro de la unidad no haya presencia de presión cerrando la alimentación del aire completamente.
3. Cierre la llave de alimentación del aire.
4. Verifique que la presión registrada en el manómetro sea cero.
5. Realice el mantenimiento de la unidad.
6. Revise el ajuste de las mangueras neumáticas.
7. Abra la llave del aire
8. Desbloquee la máquina y préndala.

- **ELIMINACIÓN DE LAS 3M**

MUDA (desperdicio y despilfarro).

Para eliminar el desperdicio o despilfarro se trabaja la técnica del análisis de problemas denominada 5W+1H para encontrar el fenómeno que es la combinación de hechos que llevan a la ocurrencia del problema. Descrito el fenómeno se procede a plantear y desarrollar las acciones correctivas y/o preventivas a que haya lugar para posteriormente hacer su seguimiento y cerrar la técnica con un ciclo Cap DO.

4.3 MANTENIMIENTO DE LA CALIDAD

Dentro del propósito de mejorar la calidad del producto reduciendo la variabilidad, mediante el control de las condiciones de los componentes y condiciones del equipo que tienen directo impacto en las características de calidad del producto.

Se busca identificar los puntos de chequeo para todas las condiciones de equipos y procesos que afecten el producto, con el fin de tomar las acciones apropiadas se propone una metodología de clasificación codificada, junto a nuevos formatos para las hojas de vida de los equipos, esta propuesta permitirá que todo el personal y áreas de la compañía hablen el mismo idioma al referirse a equipos y componentes de la empresa Cementos del Oriente S.A, ya que la codificación actualmente no existe de manera global o estandarizada, por lo tanto la clasificación de equipos está sujeta a las personas encargadas de inventarios y bodegas; en cuanto a las hojas de vida de los equipos, los formatos actuales son de diseño inadecuado y muy breves, los que se proponen hacen más fácil su entendimiento. Queda a juicio del personal de la empresa su implementación y desde luego estar al tanto de los cambios hechos en los diferentes equipos para de esta forma siempre tener una información actualizada y precisa.

4.3.1 Propuesta de codificación. Con el fin de trabajar de forma paralela con herramientas informáticas y mantener un espacio organizado para el área de mantenimiento en Cementos del Oriente S.A, la codificación de equipos y componentes es básico para una administración eficiente, responsable y eficaz de todos los activos fijos representados en planta, la mayoría imprescindibles para la integridad de los procesos en campo.

Dentro de la codificación habrá una detallada y selectiva organización que dispone los activos de maquinaria y equipos relacionados o vinculados al área de mantenimiento, identificándolos según su función, grupo y zona al proceso al que pertenecen y a criterios de espacio; para su construcción, se acude a la ubicación funcional de estos, la cual se entiende como la clasificación mencionada. Todos los equipos de campo deben estar incluidos en ubicaciones funcionales así como sus componentes de partes y repuestos. La estructura de codificación propuesta para Cementos del Oriente S.A es fácil y corta, como se puede observar en las tablas.

El orden estructural se determina a partir del tipo de proceso, se ha planteado implementar la codificación a partir de solo tres niveles, donde el primero está dividido por zonas que identifican el campo donde se encuentran ubicados los equipos (carbón, crudo, alimentación harina, cemento, clinkerización y cemento), el segundo nivel a tener en cuenta para la codificación de los equipos exhibe los grupos en que se encuentra divididos cada zona, y por último se encuentra el equipo y la identificación numérica, dicho número lo diferenciará del resto de equipos que posee Cementos del Oriente S.A para dichos procesos. En las tablas 16 a 20 se exponen las clasificaciones propuestas de acuerdo a la zona de operación, equipos y componentes que posee Cementos del Oriente S.A.

Tabla 16: Clasificación propuesta para los equipos Cementos del Oriente S.A.

	ZONA DE CARBÓN	
	EQUIPO	CÓDIGO
GRUPO TRITURACIÓN	DOSIFICADOR DE CARBÓN	DC-001
	BANDA TRANSPORTADORA DE CARBÓN	BTA-013
	TRITURADORA DE CARBÓN	TRM-001
	ELEVADOR DE CARBÓN	ELC-013
	VENTILADOR FILTRO SILO TRITURADO	VTC-045
	SILO TRITURADO	SLO-008
GRUPO MOLIENDA	DOSIFICADOR CARBÓN TRITURADO	BDF-019
	ROTOVÁLVULA ENTRADA MOLINO CARBÓN	VRO-026
	MOLINO DE CARBÓN	MVP-003
	SEPARADOR DINAMICO MOLINO CARBÓN	MJA-102
	VENTILADOR FILTRO SILO PULVERIZADO	VTC-046
	ROTOVÁLVULA SILO PULVERIZADO	VRO-027
GRUPO DOSIFICACIÓN	SILO PULVERIZADO	SLO-009
	ROTOVALVULA SILO DE NIVEL	VRO-028
	SILO DE NIVEL PULVERIZADO	SLO-010
	ROTOVÁLVULA DOSIFICADOR PULVERIZADO	VRO-030
	ROTOVÁLVULA SOPLADOR PULVERIZADO	VRO-029
	SOPLADOR PULVERIZADO	SPD-008

Tabla 17: Clasificación propuesta para los equipos Cementos del Oriente S.A.

	ZONA DE CRUDO	
	EQUIPO	CÓDIGO
GRUPO DOSIFICACIÓN	DOSIFICADOR ARCILLA	BDF-117
	DOSIFICADOR MINERAL DE HIERRO	BDF-118
	DOSIFICADOR CALIZA	BDF-116
	BANDA TRANSPORTADORA CRUDO	BTA-112
	ELEVADOR MOLINO CRUDO	ELC-109
GRUPO MOLIENDA	ROTOVÁLVULA MOLINO CRUDO	VRO-123
	MOLINO CRUDO	MVR-101
	SEPARADOR DINAMICO MOLINO CRUDO	MJA-111
	VENTILADOR MOLINO CRUDO	VTC-126
	VENTILADOR FILTRO PRINCIPAL HARINA	VTC-127
	ROTOVÁLVULA DESCARGA FILTRO PRINCIPAL	VRO-120
	TRANSPORTADOR METÁLICO	TRA-101

Tabla 18: Clasificación propuesta para los equipos Cementos del Oriente S.A.

	ZONA ALIMENTACIÓN HARINA	
	EQUIPO	CÓDIGO
TRANSPORTE HARINA	ELEVADOR A SILO HARINA	ELC-210
	VENTILADOR ELEVADOR SILO HARINA	VTC-230
	SILO HARINA	SLO-206
	SOPLADOR SILO HARINA	SPD-209
	VENTILADOR SILO HARINA	VTC-233
	SILO PULMON HARINA	SLO-207
	SOPLADOR SILO PULMÓN HARINA	SPD-207
	ROTOVÁLVULA DESCARGA SILO PULMÓN	VRO-222
	DOSIFICADOR HARINA	DSF-201
	VENTILADOR DOSIFICADOR HARINA	VTC-235
	ELEVADOR HARINA A TORRE	ELC-211
	ROTOVÁLVULA HARINA A TORRE	VRO-224

Tabla 19: Clasificación propuesta para los equipos Cementos del Oriente S.A.

	ZONA CLINKERIZACIÓN	
	EQUIPO	CÓDIGO
GRUPO GASES CALIENTES	VENTILADOR TIRO TORRE PRECALENTADORA	VTC-339
	TORRE ENFRIAMIENTO	TEC-302
	ROTOVÁLVULA TORRE ENFRIAMIENTO	VTA-309
	TORRE PRECALENTADORA	TPR-401
	CICLONES TORRE PRECALENTADORA	CCL-414
GRUPO CLINKERIZACIÓN	HORNO CLINKERIZACIÓN	HRO-401
	VENTILADOR HORNO CLINKERIZACIÓN	VTA-405
	MOTOR HORNO CLINKERIZACIÓN	MJA-401
	ENFRIADOR	EFR-401
	MOTOR ENFRIADOR	EFR-402
	SOPLADOR AIRE PRIMARIO	SPD-410

Tabla 20: Clasificación propuesta para los equipos Cementos del Oriente S.A.

	ZONA CEMENTO	
	EQUIPO	CÓDIGO
GRUPO DOSIFICACIÓN	DOSIFICADOR DE CLINKER	BDF-501
	DOSIFICADOR DE CALIZA	BDF-502
	DOSIFICADOR DE YESO	BDF-503
	DOSIFICADOR DE PUZOLANA	BDF-504
	BANDA TRANSPORTADORA	BTA-505
GRUPO MOLIENDA	QUEMADOR A GAS	QEG-506
	SISTEMA DE LUBRICACIÓN	SLU-507
	MOLINO DE CEMENTO	MOL-508
	MOTOR MOLINO CEMENTO	MMC-509
GRUPO ALMACENAMIENTO	ELEVADOR SEPARADOR DINÁMICO	ESD-510
	SEPARADOR DINÁMICO	SPD-511
	VENTILADOR SEPARADOR DINÁMICO	VSD-512
	VENTILADOR MOLINO CEMENTO	VMC-513
	ELEVADOR SILO CEMENTO	ESC-514
GRUPO EMPAQUE	SILO CEMENTO	SCT-515
	VÁLVULA EMPAQUE	VAL-516
	ELEVADOR EMPAQUE	ELE-517
	SILO PULMÓN CEMENTO	SPC-518
	BANDA TRANSPORTADORA CEMENTO	BTC-519

4.3.1.1 Jerarquización

La asignación de los códigos de los equipos se relacionan de acuerdo al tipo de proceso y su funcionalidad, para ello se designa unas zonas enumeradas desde 0 a 4 de esta forma: **zona carbón (0), zona de crudo (1), zona de alimentación de harina (2), zona de clinkerización (3), zona cemento (4)** se puede diferenciar al iniciar el código del equipo.

Los últimos dos dígitos de cada equipo se refieren a la cantidad de equipos que intervienen en la operación de dicho proceso para la empresa Cementos del Oriente S.A. En la tabla 21 se muestra la jerarquización propuesta de equipos a tener en cuenta.

Tabla 21 Lista de equipos jerarquizados.

	ZONA DE CRUDO	
	EQUIPO	CÓDIGO
GRUPO DOSIFICACIÓN	DOSIFICADOR ARCILLA	BDF-117
	DOSIFICADOR MINERAL DE HIERRO	BDF-118
	DOSIFICADOR CALIZA	BDF-116
	BANDA TRANSPORTADORA CRUDO	BTA-112
	ELEVADOR MOLINO CRUDO	ELC-109

Ejemplo: **BANDA TRANSPORTADORA CRUDO**: Equipo perteneciente al grupo del proceso de **dosificación** en la **zona de crudo (1)**.

Código: **BTA- 112**

4.3.1.2 Diseño formatos hojas de vida. Los nuevos formatos que se han propuesto en este documento para los equipos de la empresa Cementos del Oriente S.A. tienen una mejor distribución espacial junto a un diseño de forma que resulta en una mayor comodidad para la visualización de la información. En la figura 12 se observa el formato que posee una sección para los datos principales del equipo, otra para los datos secundarios, para los consumibles en sus intervenciones de mantenimiento tales como el tipo o referencia de lubricante, o-ring, bujes, sellos, retenedores, filtros etc., tiene además un campo para el registro de observaciones.

Figura 13: Formato hojas de vida de los equipos.

personal trabaja en beneficio de la disponibilidad de los equipos sin llegar a sobreesfuerzos laborales.

4.4.1 Análisis de Criticidad. El Análisis de Criticidad es una metodología que permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y equipos, creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, direccionando el esfuerzo y los recursos en áreas donde sea más importante y necesario mejorar la confiabilidad operacional, basado en la realidad actual¹⁷.

¿Cómo establecer que una planta, proceso, sistema o equipo es más crítico que otro? ¿Qué criterio se debe utilizar? ¿Todos los que toman decisiones, utilizan el mismo criterio?, el análisis de criticidad da respuesta a estos interrogantes, dado que genera una lista ponderada desde el elemento más crítico hasta el menos crítico del total de equipos analizados, diferenciando tres zonas de clasificación: alta criticidad, mediana criticidad y baja criticidad.

Una vez identificadas estas zonas, es mucho más fácil diseñar una estrategia, para realizar estudios o proyectos que mejoren la confiabilidad operacional, iniciando las aplicaciones en el conjunto de procesos o elementos que formen parte de la zona de alta criticidad.

Los criterios para elaborar un análisis de criticidad están asociados con: seguridad, ambiente, producción, costos de operación y mantenimiento, tiempo de reparación, principalmente. Estos criterios se relacionan con una ecuación matemática, que genera puntuación para cada elemento evaluado. La lista generada, resulta de un trabajo de equipo, permite nivelar y homologar criterios para establecer prioridades y focalizar el esfuerzo que garantice el éxito maximizando la rentabilidad.

4.4.1.1 Identificación de los equipos a estudiar. La empresa Cementos del Oriente S.A. cuenta con gran cantidad de equipos funcionando actualmente de los cuales fueron seleccionados los más importantes dentro del proceso de producción. Los equipos que se incluyeron dentro del estudio del Análisis de Criticidad, fueron escogidos bajo la supervisión de ingenieros de producción y mantenimiento.

Los equipos incluidos dentro del Análisis de Criticidad son:

- Cargador
- Molino de crudo
- Molino de carbón
- Molino de cemento
- Transporte de harina
- Soplador de carbón

¹⁷BECERRA SOLORZANO Guillermo. Diseño de un sistema integrado de Confiabilidad Operacional para el área de servicios industriales de Bavaria S.A. UPTC. Duitama. 2005

4.4.1.2 Alcance y objetivo del estudio. La elaboración del estudio de análisis de criticidad se realizó a partir de un formato de encuesta que permite recoger la información de parte de los ingenieros, técnicos y operarios de la empresa, ya que no se ha implementado aun, un programa de mantenimiento que permita recolectar este tipo de información.

En la empresa, esta herramienta se hace vital a la hora de priorizar órdenes de trabajo y proyectos de inversión, ya que el número de equipos que se encuentran funcionando es grande a la hora de implementar un plan de mantenimiento.

4.4.1.3 Selección del personal a entrevistar. El personal seleccionado para contestar las encuestas del estudio de Análisis de Criticidad en la empresa Cementos del Oriente S.A es el siguiente:

- Jefe de mantenimiento
- Jefe de gestión de calidad
- Jefe de planta
- Jefe de compras y almacén
- Representantes de dirección
- Operarios del área

4.4.1.4 Importancia del estudio. A todas las personas involucradas en el estudio se les dan las instrucciones sobre cómo diligenciar el formato de encuesta, se les realiza una presentación completa del tema donde se explica la metodología, los alcances y la importancia de los resultados. Además se puntualiza en el compromiso que se debe tener para que el estudio arroje los mejores resultados.

4.4.1.5 Recolección de datos. La recolección de la información fue realizada a partir de las encuestas contestadas por los ingenieros, jefes y operarios de la empresa.

La ecuación de criticidad vista desde un punto matemático para el análisis realizado se presenta a continuación en la tabla 22.

El formato de la encuesta que se entregó al personal de la empresa Cementos del Oriente S.A, se muestra en la tabla 23. Cada pregunta tiene una serie de respuestas con una ponderación diferente, esta ponderación se presenta en la tabla 24 y le asigna un valor específico a cada parámetro dependiendo de las características del equipo a evaluar.

Tabla 22: Ecuación de Criticidad

Criticidad = Frecuencia de Falla x Consecuencia Siendo: Consecuencia = a + b a = costo reparación+impacto seguridad personal+impacto ambiental+impacto satisfacción cliente. b = impacto en la producción x tiempo promedio para reparar

Una vez obtenidos los resultados de la encuesta se clasifican en una hoja de cálculo, donde se obtiene el valor de criticidad para cada equipo por cada una de las personas entrevistadas y finalmente se realiza un promedio con los resultados obtenidos para determinar la criticidad final del equipo.

El formato de encuesta, la tabla de ponderaciones y la ecuación de criticidad fueron adaptados tomando como base el Análisis de Criticidad hecho por PDVSA¹⁸, debido a que los factores de ponderaciones ya están estandarizados y su formulación depende de un estudio profundo de criterios de ingeniería.

Los parámetros que se utilizaron para la elaboración de las encuestas, las tablas de ponderación y el cálculo de los valores de criticidad de los sistemas fueron los siguientes¹⁹:

- **Frecuencia de fallas.** Representa las veces que falla cualquier componente del sistema que produzca la pérdida de su función, es decir, que implique una parada, en un periodo de un año.
- **Nivel de producción.** Representa la producción aproximada por día de la instalación y sirve para valorar el grado de importancia de la instalación a nivel económico.
- **Tiempo promedio para reparar MTTR.** Es el tiempo promedio por día empleado para reparar la falla, se considera desde que el equipo pierde su función hasta que esté disponible para cumplirla nuevamente. El MTTR, mide la efectividad que se tiene para restituir la unidad o unidades del sistema en estudio a condiciones óptimas de operabilidad.

¹⁸PDVSA. Petróleos de Venezuela S.A. E & P Occidente.

¹⁹BECERRA SOLORZANO Guillermo. Diseño de un sistema integrado de Confiabilidad Operacional para el área de servicios industriales de Bavaria S.A. UPTC. Duitama. 2005

- **Impacto en la producción.** Representa la producción aproximada porcentualmente que se deja de obtener (por día), debido a fallas ocurridas (diferimiento de la producción). Se define como la consecuencia inmediata de la ocurrencia de la falla, que puede representar un paro total o parcial de los equipos del sistema estudiado y al mismo tiempo el paro del proceso productivo de la unidad.
- **Costo de reparación.** Se refiere al costo promedio por falla requerido para restituir el equipo a condiciones óptimas de funcionamiento, incluye labor, materiales y transporte.
- **Impacto en la seguridad personal.** Representa la posibilidad de que sucedan eventos no deseados que ocasionen daños a equipos e instalaciones y en los cuales alguna persona pueda o no resultar lesionada.
- **Impacto ambiental.** Representa la posibilidad de que sucedan eventos no deseados que ocasionen daños a equipos e instalaciones produciendo la violación de cualquier regulación ambiental, además de ocasionar daños a otras instalaciones.
- **Impacto satisfacción al cliente.** En él se evalúa el impacto que la ocurrencia de una falla afectaría a las expectativas del cliente. En este caso se considera cliente a las áreas a las cuales se les suministran los servicios industriales.

Tabla 23. Formato encuesta Análisis de Criticidad



ENCUESTA ANÁLISIS DE CRITICIDAD

PERSONA:
EQUIPO:

ÁREA O SECCIÓN:
FECHA:

1. FRECUENCIA DE FALLA (TODO TIPO DE FALLA)		2. TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR MTTR	
	No más de 1 por año		Menos de 4 horas
	Entre 2 y 5 por año		Entre 4 y 8 horas
	Entre 5 y 20 por año		Entre 8 y 24 horas
	Entre 20 y 30 por año		Entre 24 y 48 horas
	Más de 30 por año (Más de una parada semanal)		Más de 48 horas
3. IMPACTO SOBRE LA PRODUCCIÓN		4. COSTO DE REPARACIÓN (MILLONES DE PESOS)	
	No afecta la producción		Menos de 1 millón
	25 % de impacto		Entre 1 y 3 millones
	50 % de impacto		Entre 3 y 5 millones
	75 % de impacto		Entre 5 y 15 millones
	la afecta totalmente		Más de 15 millones
5. IMPACTO AMBIENTAL			
No origina ningún impacto ambiental			
Contaminación ambiental baja, el impacto se manifiesta en un espacio reducido dentro de los límites de la planta			
Contaminación ambiental moderada, no rebasa los límites de la planta			
Contaminación ambiental alta, incumplimiento de normas, quejas de la comunidad, procesos sancionatorios			
6. IMPACTO EN SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL			
No origina heridas ni lesiones			
Puede ocasionar lesiones o heridas leves no incapacitantes			
Puede ocasionar lesiones o heridas graves con incapacidad temporal entre 1 y 30 días			
Puede ocasionar lesiones con incapacidad superior a 30 días o incapacidad parcial permanente			
7. IMPACTO EN SATISFACCIÓN CLIENTE (DEPARTAMENTOS DE LA EMPRESA A LA QUE SE LE PRESTAN SERVICIOS)			
No ocasiona pérdidas económicas en las otras áreas de la planta			
Puede ocasionar pérdidas económicas hasta de 5 SMMLV			
Puede ocasionar pérdidas económicas mayores de 5 y menores de 25 SMMLV			
Puede ocasionar pérdidas económicas mayores de 25 SMMLV			

Fuente: Adaptación PDVSA E & P Occidente.

Tabla 24: Ponderaciones parámetros Análisis de Criticidad



PONDERACIONES DE LOS PARÁMETROS DEL ANÁLISIS DE CRITICIDAD

1. FRECUENCIA DE FALLA (Todo tipo de falla)	Puntaje
No más de 1 por año	1
Entre 2 y 5 por año	2
Entre 5 y 20 por año	3
Entre 20 y 30 por año	4
Más de 30 por año (Más de una parada semanal)	5
2. TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR (MTTR)	Puntaje
Menos de 4 horas	1
Entre 4 y 8 horas	2
Entre 8 y 24 horas	3
Entre 24 y 48 horas	4
Más de 48 horas	5
3. IMPACTO SOBRE LA PRODUCCIÓN (Por el numero de fallas al año F)	Puntaje
No afecta la producción	0,05 F
25 % de impacto	0,3 F
50 % de impacto	0,5 F
75 % de impacto	0,8 F
La afecta totalmente	1 F
4. COSTOS DE REPARACIÓN	Puntaje
Menos de 1 millón de pesos	1
Entre 1 y 3 millones de pesos	3
Entre 3 y 5 millones de pesos	5
Entre 5 y 15 millones de pesos	10
Más de 15 millones de pesos	25
5. IMPACTO AMBIENTAL	Puntaje
No origina ningún impacto ambiental	0
Contaminación ambiental baja, el impacto se manifiesta en un espacio reducido dentro de la planta	5
Contaminación ambiental moderada, no rebasa los límites de la planta	10
Contaminación ambiental alta, incumplimiento de normas, quejas de la comunidad	25
6. IMPACTO EN SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL	Puntaje
No origina heridas ni lesiones	0
Puede ocasionar lesiones o heridas leves no incapacitantes	5
Puede ocasionar lesiones o heridas graves con incapacidad temporal entre 1 y 30 días	10
Puede ocasionar lesiones con incapacidad superior a 30 días o incapacidad parcial permanente	25
7. IMPACTO SATISFACCIÓN DEL CLIENTE	Puntaje
No ocasiona pérdidas económicas en las otras áreas de la planta	0
Puede ocasionar pérdidas económicas hasta de 5 SMMLV	5
Puede ocasionar pérdidas económicas mayores de 5 y menores de 25 SMMLV	10
Puede ocasionar pérdidas económicas mayores de 25 SMMLV	25

Fuente: Adaptación PDVSA E & P Occidente.

4.4.1.6 Resultados del estudio. Los resultados obtenidos fueron mostrados al personal entrevistado y fueron inspeccionados con total aceptación. Un ejemplo es el mostrado en la tabla 25, donde se muestra las respuestas hechas por el jefe de mantenimiento con sus respectivos puntajes a la máquina molino de cemento.

Tabla 25. Respuestas dadas por el jefe de mantenimiento.

PERSONA ENCUESTADA	PARÁMETRO	RESPUESTA	PUNTAJE
Ing. JOSE A. JIMENEZ	Frecuencia de falla	Entre 5 y 20 por año	3
	Tiempo promedio para reparar	Menos de 4 horas	1
	Impacto sobre la producción	La afecta totalmente	1 x(22 fallas)
	Costo de reparación	Entre 1 y 3 millones	3
	Impacto ambiental	No origina impacto ambiental	0
	Impacto en salud y seguridad personal	No origina heridas ni lesiones	0
	Impacto en satisfacción cliente	Pérdidas económicas mayores de 25 SMMLV	20

Fuente: Adaptación PDVSA E & P Occidente.

Después se realiza un promedio de los puntajes correspondientes a cada una de las personas entrevistadas para cada equipo, obteniendo el resultado de la criticidad final mostrado en la tabla 26.

Tabla 26. Puntajes finales planta de trituración.

PARÁMETRO	PUNTAJE FINAL
Frecuencia de falla	2,86
Tiempo promedio para reparar	1,71
Impacto sobre la producción	13,81
Costo de reparación	5,29
Impacto ambiental	5,71
Impacto en salud y seguridad personal	2,86
Impacto en satisfacción cliente	8,57

Fuente: Adaptación PDVSA E & P Occidente

Recordando la ecuación de criticidad se aplica a los resultados finales obtenidos de molino de cemento.

Criticidad = Frecuencia de Falla x Consecuencia

Siendo: Consecuencia = a + b

a = costo reparación+impacto seguridad personal+impacto ambiental+impacto satisfacción cliente.

b = impacto en la producción x tiempo promedio para reparar

Molino cemento:

$$\text{CRITICIDAD} = 2.86 \times [(5.29 + 2.86 + 5.71 + 8.57) + (13.81 \times 1.71)]$$

CRITICIDAD = **131.69**

Este procedimiento se realiza para el resto de equipos destinados para este estudio de criticidad. En la tabla 27 se observa las ponderaciones contestadas por el personal para molino de cemento.

La figura 14 muestra los resultados del estudio de Análisis de Criticidad para los equipos de la empresa Cementos del Oriente S.A. que se tomaron como referencia en el proyecto. Así mismo muestra los equipos críticos de las empresa Cementos del Oriente S.A, donde se puede observar que equipos poseen una criticidad alta (color rojo), criticidad media (color verde) y cuales poseen una criticidad baja (color purpura).

Tabla 27. Ponderación de criticidad para molino de cemento

 MOLINO DE CEMENTO			
PERSONA ENCUESTADA	PARÁMETRO	RESPUESTA	PUNTAJE
RONALD MERCHAN	Frecuencia de falla	Entre 5 y 20 por año	3
	Tiempo promedio para reparar	Entre 4 y 8 horas	2
	Impacto sobre la producción	50 % de impacto	0,5 x (22 fallas)
	Costo de reparación	Entre 5 y 15 millones	10
	Impacto ambiental	Contaminación ambiental moderada	10
EDGAR GUTIERREZ	Impacto en salud y seguridad personal	Ocasional lesiones o heridas leves	5
	Impacto en satisfacción cliente	Pérdidas económicas de 5 SMMLV	5
	Frecuencia de falla	Entre 5 y 20 por año	3
	Tiempo promedio para reparar	Entre 4 y 8 horas	2
	Impacto sobre la producción	50 % de impacto	0,5 x (22 fallas)
ELIECER FONSECA	Costo de reparación	Entre 5 y 15 millones	10
	Impacto ambiental	Contaminación ambiental moderada	10
	Impacto en salud y seguridad personal	Ocasional lesiones o heridas leves	5
	Impacto en satisfacción cliente	Pérdidas económicas de 5 SMMLV	5
	Frecuencia de falla	Entre 5 y 20 por año	3
NAYDU VALDERRAMA	Tiempo promedio para reparar	Menos de 4 horas	1
	Impacto sobre la producción	La afecta totalmente	1 x (22 fallas)
	Costo de reparación	Entre 1 y 3 millones	3
	Impacto ambiental	Contaminación ambiental baja	5
	Impacto en salud y seguridad personal	Ocasional lesiones o heridas leves	5
Ing. CESAR LOPEZ	Impacto en satisfacción cliente	Pérdidas económicas mayores de 5 y menores de 25 SMMLV	10
	Frecuencia de falla	Entre 5 y 20 por año	3
	Tiempo promedio para reparar	Menos de 4 horas	1
	Impacto sobre la producción	25 % de impacto	0,3 x (22 fallas)
	Costo de reparación	Entre 1 y 3 millones	3
Ing. JOSE A. JIMENEZ	Impacto ambiental	Contaminación ambiental baja	5
	Impacto en salud y seguridad personal	No origina heridas ni lesiones	0
	Impacto en satisfacción cliente	Pérdidas económicas de 5 SMMLV	5
	Frecuencia de falla	Entre 5 y 20 por año	3
	Tiempo promedio para reparar	Menos de 4 horas	1
GONZALO SALAMANCA	Impacto sobre la producción	La afecta totalmente	1 x (22 fallas)
	Costo de reparación	Entre 1 y 3 millones	3
	Impacto ambiental	No origina impacto ambiental	0
	Impacto en salud y seguridad personal	No origina heridas ni lesiones	0
	Impacto en satisfacción cliente	Pérdidas económicas mayores de 25 SMMLV	20
	Frecuencia de falla	Entre 20 y 30 por año	4
	Tiempo promedio para reparar	Entre 8 y 24 horas	3
	Impacto sobre la producción	75 % de impacto	0,8 x (22 fallas)
	Costo de reparación	Entre 1 y 3 millones	3
	Impacto ambiental	Contaminación ambiental moderada	10
	Impacto en salud y seguridad personal	Ocasional lesiones o heridas leves	5
	Impacto en satisfacción cliente	Pérdidas económicas mayores de 5 y menores de 25 SMMLV	10

NOTA: El número de fallas que afectaron al funcionamiento normal de la máquina, fue identificado gracias a las ordenes de trabajo presentadas a la oficina de mantenimiento de la empresa.

Figura 14: Resultados del estudio de Análisis de Criticidad para los equipos de la empresa Cementos del Oriente S.A.

 RESULTADOS ENCUESTA ANÁLISIS DE CRITICIDAD								
EQUIPO	FRECUENCIA DE FALLA	TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR	IMPACTO SOBRE LA PRODUCCIÓN	COSTO DE REPARACIÓN	IMPACTO AMBIENTAL	IMPACTO EN SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL	IMPACTO EN SATISFACCIÓN CLIENTE	CRITICIDAD
MOLINO DE CEMENTO	2,86	1,71	13,81	5,29	5,71	2,86	8,57	131,69
SOPLADOR DE CARBÓN	2,80	2,00	12,90	3,80	4,00	4,00	7,00	124,88
TRANSPORTE DE HARINA	2,71	2,57	6,57	4,14	5,00	2,14	6,43	93,75
MOLINO DE CARBÓN	2,50	3,00	5,17	5,17	3,33	4,17	8,33	91,28
MOLINO DE CRUDO	2,00	2,67	7,07	3,33	4,17	1,67	5,00	66,09
CARGADOR	2,29	4,14	2,57	2,71	2,14	4,29	4,29	55,12
CRITICIDAD= Frecuencia de la falla X Consecuencia								
Siendo cosecuencia= a + b								
a= Costo reparación + Impacto seguridad personal + Impacto ambiental + Impacto satisfacción cliente.								
b= Impacto en la producción X Tiempo promedio para reparar								

	Equipos criticidad alta
	Equipos criticidad media
	Equipos criticidad baja

4.5 SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE

4.5.1 Análisis y evaluación de riesgos. La evaluación de riesgos laborales es una obligación empresarial y una herramienta fundamental para la prevención de daños a la salud y la seguridad de los trabajadores.

Su objetivo es identificar los peligros derivados de las condiciones de trabajo para:

Eliminar de inmediato los factores de riesgo que puedan suprimirse fácilmente.

Evaluar los riesgos que no van a eliminarse inmediatamente.

Planificar la adopción de medidas correctoras.

Su núcleo central consiste en examinar detalladamente todos los aspectos del trabajo que puedan causar daños a los trabajadores. Este examen no estará completo si no recoge la opinión de los trabajadores, porque son los y las que mejor conocen su puesto de trabajo.

Para poder evaluar, hay que estar capacitado para reconocer las condiciones de trabajo que generan riesgos. También a veces es necesario realizar mediciones (y algunas de estas sólo pueden ser realizadas por personal con titulación específica).

Muchos criterios de riesgo están recogidos en normativa, pero también se pueden mejorar mediante negociación colectiva, e incluso pueden ser acordados en el comité de seguridad y salud de una empresa.

La evaluación de riesgos laborales engloba los siguientes pasos:

- identificar los peligros presentes, por áreas y por puestos de trabajo-
- identificar quien puede sufrir daños, contemplando la posibilidad de que haya colectivos especialmente sensibles a determinados riesgos.
- Evaluar los riesgos e identificar medidas que se deben adoptar.
- Documentar los hallazgos, detallando las medidas ya adoptadas y las pendientes.
- Planificar las medidas pendientes e implementarlas.²⁰

El análisis y evaluación de riesgos, es un paso previo a la realización de un plan de Mantenimiento, en él se estudian los distintos fallos que se suelen producir y las consecuencias de los mismos. El análisis de riesgos es consciente de que se han de definir unos límites bajo los que se desea estar y en función de ellos diseñar los Planes de Mantenimiento para ceñirnos a ellos. La mejora en estos dos aspectos y la disminución de los costos de Mantenimiento suponen el aumento de la rentabilidad de la empresa y por tanto tiene influencia directa sobre los beneficios.

²⁰ Salud laboral. <http://www.istas.net/web/index.asp?idpagina=1130>

El análisis de riesgos aplicado a Mantenimiento se basa en estudiar las consecuencias producidas por los fallos en las máquinas, en los cuatro marcos siguientes:

- Consecuencias Operacionales, en las que la falla produce trastornos en la producción o en la calidad que al final se traducen en tiempos perdidos en el proceso productivo.
- Consecuencias en la Seguridad, en las que la falla puede afectar en mayor o menor medida a la seguridad del personal de fábrica.
- Consecuencias Medio ambientales, en las que la falla pueda afectar al Medio ambiente o al entorno, considerando las disposiciones legales que existan al respecto.
- Consecuencias en los Costos, son las propias de la reparación que la falla trae consigo y que en ocasiones pueden ser de extraordinaria importancia.

La identificación de las potenciales situaciones de emergencia tiene un punto de partida fundamental que permite determinar los posibles eventos que pueden suceder, las causas que los viabilizan y las consecuencias derivadas de su ocurrencia. Este es punto de partida es el análisis / evaluación del riesgo. El análisis del riesgo es el eslabón primario y actividad básica en la planeación, preparación y definición de todas las acciones de un Plan de Contingencia, Plan de Emergencia (también llamado Plan Operativo) y el Plan de Mantenimiento.

El primer paso para el diseño, estructuración y puesta en funcionamiento del Plan de Contingencia, es conocer y valorar las características de las situaciones peligrosas que puedan presentarse en la operación de la empresa, lo cual es conocido como un análisis del riesgo. Este análisis involucra la evaluación de la amenaza y la estimación de consecuencias.

Es objetivo común de estos estudios, el aportar una mejor comprensión de la magnitud de los peligros potenciales, y con base en ello, realizar reformas en el diseño, motivar la prevención y promover acciones de respuesta. Son objetivos secundarios del análisis del riesgo:

- Mejorar la operatividad.
- Reorientar los planes de contingencia (plan estratégico y plan operativo).
- Dar prioridad a las labores de mantenimiento dentro del Plan de mantenimiento.
- Diseñar las estrategias de atención a la emergencia.
- Evaluar las acciones y controles existentes.
- Tomar acciones para reducir los riesgos en las operaciones del campo.
- Asegurar el cumplimiento de las regulaciones ambientales.
- Mejorar la satisfacción y tranquilidad de la población civil y del personal de la empresa para atender una posible emergencia

4.5.2 Identificación de amenazas o eventos en la empresa. Teniendo en cuenta las características propias de las actividades que se desarrollan en las facilidades de producción a la empresa Cementos del Oriente S.A. se han identificado los siguientes incidentes o eventos de posible ocurrencia.

4.5.3 Amenazas de origen Tecnológico.

Incendios: Se definen como un fuego sobre el cual se ha perdido el control y clasifican en Conato o Amago (para incendios incipientes) e Incendio declarado (fuegos en pleno desarrollo). Se pueden presentar por las siguientes causas:

- Chispa, fuente de calor o de ignición en presencia de atmósferas combustibles.
- Cortocircuito en las instalaciones y conexiones eléctricas de los generadores.
- Líneas de proceso expuestas durante trabajos de mantenimiento.

Explosión: Se definen como una combustión súbita y violenta, con altos niveles de presión. Entre las posibles causas de explosión que se pueden presentar se encuentran:

- Fuente de ignición en el interior de un tanque o cerca de las válvulas de venteo de algún equipo.
- Sobrepresión en tanques.

Derrame (sustancias químicas): Se puede presentar debido al colapso de tanques de almacenamiento de canecas de químicos fallas operacionales y/o errores humanos, rotura o colapso de líneas de proceso. En Cementos de Oriente se tiene experiencia en contingencias debido a derrames por medio de fallas en equipos.

Accidente Laboral: Los accidentes durante el desarrollo del proyecto pueden ocurrir debido a problemas con los equipos o por el empleo de procedimientos inadecuados (lesiones menores cortadas, atrapamientos, fracturas).

Accidentes de tránsito o con maquinaria: Ocurredos por fallas mecánicas; falta de mantenimiento de vehículos, montacargas, retroexcavadoras y/o equipos; descuido en el manejo y operación de los mismos.

4.5.4 Identificación de Escenarios. De acuerdo a la descripción realizada en el numeral 1 la empresa y su entorno de Cementos del Oriente y el numeral 1.6. Etapas de fabricación de cemento, se presentan los posibles escenarios de emergencia que se tendrían para cada una de las áreas. Cabe anotar que se tuvieron presentes además, un conjunto de escenarios ocasionados por Amenazas naturales, en los cuales la afectación se da para todo la empresa.

Figura 15: Identificación de escenarios



IDENTIFICACION DE ESENAARIOS

INSTALACION	APLICA	ESCENARIO	CAUSAS DE FALLA	POSIBLES CONSECUENCIAS	CONTROLES EXISTENTES
CEMENTOS DEL ORIENTE		Inundaciones	Origen natural	Daños estructurales, afectación de personas, incendios, parada de la operación	Plan de contingencias, extintores
		Vendavales			
		Incendios			
		forestales			
Área administrativa	CEMENTOS DEL ORIENTE		Eléctrico, Diseño e ingeniería	Daño en equipos, documentos, infraestructura. Afectación de personas.	Extintor Portátil, Capacitación Personal
Batería de baños			Diseño e ingeniería	Afectación a personas. Daño en equipos e infraestructura.	
		Estructurales			
			Accidentes laborales	Orden y Aseo	Afectación a personas
Oficina HSE	CEMENTOS DEL ORIENTE		Eléctrico, Mecánico	Daño en equipos, documentos, infraestructura. Afectación de personas.	Extintor Portátil, Capacitación Personal
			Orden y Aseo, Fallas Humanas	Afectación a personas	
Almacén de sustancias químicas	CEMENTOS DEL ORIENTE		Diseño e ingeniería	Afectación a personas. Daño en equipos e infraestructura.	
			Eléctrico, Mecánico	Afectación a personas. Daño en equipos, documentos, infraestructura.	Extintor Portátil, Capacitación Personal
		Explosiones	Inherentes a propiedades físico-químicas de los productos almacenados.	Afectación a personas. Daños	
		Accidentes laborales	Orden y Aseo, Fallas Humanas	Afectación a personas. Daño en equipos e infraestructura.	Extintor Portátil
		Derrames de Sustancias químicas	Fallas humanas, Corrosión	Afectación a Personas. Contaminación de recursos naturales.	Uso de material absorbente y elementos de contención mínimos.

 IDENTIFICACION DE ESENAARIOS					
INSTALACION	APLICA	ESCENARIO	CAUSAS DE FALLA	POSIBLES CONSECUENCIAS	CONTROLES EXISTENTES
Punto de Acopio de carbon	CEMENTOS DEL ORIENTE		Fallas humanas	Afectación a Personas. Contaminación de recursos naturales.	Uso de material absorbente y elementos de contención mínimos.
Puesto de Generadores y/o Subestación eléctrica			Eléctrico, Mecánico	Afectación a personas. Daño en equipos, documentos, infraestructura.	Extintor Portátil, Capacitación Personal
			Mala disposición y almacenamiento. Fallas Humanas	Afectación a personas	
Cargadero de camiones de cemento	CEMENTOS DEL ORIENTE		Fallas humanas, Mecánicas y Eléctricas	Afectación a personas. Contaminación recursos naturales Daño en equipos e infraestructura.	Extintor Portátil, Capacitación Personal
			Fallas humanas, Diseño e ingeniería	Afectación a personas. Daño en equipos e infraestructura.	
			Mecánicas, Fallas humanas	Afectación a Personas. Contaminación de recursos naturales.	
Laboratorio	CEMENTOS DEL ORIENTE		Mala disposición y almacenamiento. Fallas Humanas	Afectación a personas	
			Diseño e ingeniería	Afectación a personas. Daño en equipos e infraestructura.	
			Fallas humanas, Mecánicas y Eléctricas	Afectación a personas. Daño en equipos e infraestructura.	Extintor Portátil, Capacitación Personal
			Fallas humanas, Eléctricas, Corrosión	Afectación a personas. Daño en equipos e infraestructura. Contaminación de recursos naturales.	Capacitación Personal
Área de silo de clinker	CEMENTOS DEL ORIENTE		Fallas humanas, Mecánicas, Corrosión, Mantenimientos inadecuados.	Afectación a Personas. Contaminación de recursos naturales.	Uso de material absorbente y elementos de contención mínimos.
			fallas humanas, mecánicas, Corrosión, Actividad cerámica.	Derrames, contaminación de recursos naturales. Incendio. Daño en equipos. Afectación de personas.	Extintores.
			Fallas humanas, Corrosión, Sismo, Terrorismo, mantenimientos Inadecuados.	Afectación a Personas. Contaminación de recursos naturales.	Uso de material absorbente y elementos e infraestructura de contención.

Fuente: los autores de la monografía

4.5.5 Metodología para la Evaluación de Riesgos. La metodología de análisis de riesgos por colores, fue la metodología utilizada para el análisis y evaluación de riesgo del Campo, que de una forma general y cualitativa permite desarrollar análisis de amenazas y análisis de vulnerabilidad de personas, recursos, equipos, sistemas y procesos, con el fin de determinar el nivel de riesgo a través de la combinación de los elementos anteriores, con códigos de colores. Asimismo, es posible identificar una serie de observaciones que se constituirán en la base para formular las acciones de prevención, mitigación y respuesta que contemplan los planes de emergencia.

4.5.6 Clasificación de Amenazas. Con base en la información sugerida por las fuentes de consulta Identificación de amenazas y eventos y la identificación de peligros y amenazas realizada en las inspecciones efectuadas, se puede establecer la calificación de la amenaza de una forma cualitativa así:

Amenaza posible: Evento que nunca ha sucedido, pero se tiene información que no descarta su ocurrencia. Se destaca con color verde.

Amenaza probable: Evento ya ocurrido en el lugar o en unas condiciones similares. Se destaca con color amarillo.

Amenaza inminente: Evento instrumentado o con información que lo hace evidente y detectable. Se destaca con color rojo.

4.5.6.1 Análisis de Vulnerabilidad. La vulnerabilidad es entendida como la predisposición o susceptibilidad que tiene un elemento a ser afectado o a sufrir una pérdida. El análisis de la vulnerabilidad es un proceso mediante el cual se determina el nivel de exposición y la predisposición a la pérdida de un elemento o grupo de elementos ante una amenaza específica.

Se valora de cero (0), la más baja; a uno (1) en el nivel más alto o pérdida total.

Para su análisis se incluyen los elementos sometidos a riesgo tales como las personas, los recursos y los procesos o sistemas.

Una vez definidas las amenazas principales en cada área, se realizó el análisis de vulnerabilidad para cada amenaza.

Las acciones prácticas en prevención se dirigen a la intervención de la vulnerabilidad, con la intención de reducirla. Los elementos bajo riesgo para los cuales se hizo el análisis de vulnerabilidad son:

4.5.6.2 Vulnerabilidad en las personas. Las personas se definen como los trabajadores, contratistas y/o visitantes, analizándose su organización para prevención y control de emergencia.

La capacitación, el entrenamiento, organización y la dotación completa de elementos para la seguridad y protección personal de acuerdo con la amenaza, son indispensables para el cálculo.

Cada uno de estos aspectos se califica cero (0), si de acuerdo con la definición del término se tiene suficiencia en la empresa, con 0.5 si se está en proceso y con uno (1) si se carece completamente o no se cuenta con recursos.

4.5.6.3 Vulnerabilidad en los recursos. Los recursos se analizan desde 3 campos, el de los materiales y procesos desarrollados, las construcciones (edificaciones, estructura) y los equipos con los que se cuenta para reducir las consecuencias de una posible emergencia.

Para cada uno de estos campos se califica la protección física y los sistemas de control.

La protección física: la barrera o diseño estructural que disminuye los efectos que pueda ocasionar la amenaza.

Los sistemas de control: el equipo instalado o normas administrativas para responder ante la presencia de una amenaza con el fin de disminuir los efectos.

Para calificar los recursos se da a cada variable el valor de cero (0) cuando se encuentra con los implementos descritos en la definición, con 0.5 cuando se cuenta parcialmente y con uno (1) cuando no se dispone de ello.

4.5.6.4 Vulnerabilidad en los sistemas y procesos. En este campo se analizan dos variables: la primera está relacionada con el procedimiento de recuperación o actividades previamente concebidas que permitan ante una emergencia poner nuevamente los procesos y sistemas a funcionar ya sea por sí mismos o a través del pago de seguros o de otra forma de financiación.

La segunda es el servicio alterno entendido como el proceso o mecanismo que permite realizar la misma función temporalmente en la fase de impacto o recuperación de una emergencia (ejemplo planta de emergencia).

Para analizar las variables se da el valor de cero (0) cuando se dispone de los elementos (Bueno=B), de cero cinco (0.5) cuando se hace en forma parcial

(Regular=R) y de uno (1) cuando se carece o no se cuenta con el recurso (Malo=M).
Calificación de vulnerabilidad.

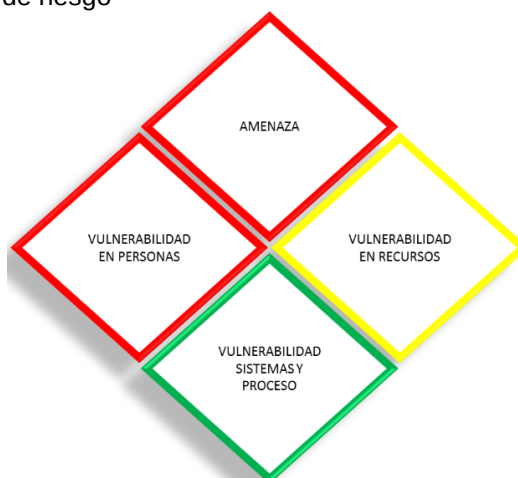
Para su calificación se incluye la suma de los tres elementos evaluados: las personas, los recursos y los procesos o sistemas y el total de puntos obtenidos para cada uno se interpreta de la siguiente manera:

4.5.7 Interpretación del Nivel de Riesgo. El riesgo es la posibilidad de exceder a un valor específico de consecuencias económicas, sociales o ambientales en un sitio particular y durante un tiempo de exposición determinado. Se obtiene de relacionar la amenaza o probabilidad de ocurrencia de un fenómeno con una intensidad específica y la vulnerabilidad de los elementos expuestos.

Esta relación puede ser representada por un diamante de riesgo, el cual posee cuatro cuadrantes, uno de ellos representa la amenaza, para la cual se va a determinar el nivel de riesgo y los otros tres representan la vulnerabilidad de los elementos bajo riesgo (personas, recursos, equipos, sistemas y procesos), luego a cada cuadrante se le asigna un color según sea la probabilidad de la amenaza

Nivel de Riesgo = Amenaza x Vulnerabilidad

Figura 16: Rombo de nivel de riesgo



Fuente: Formulación Plan de Contingencia.

El procedimiento para calificar con colores cada rombo se realiza teniendo en cuenta los resultados consignados en el cuadro sobre análisis de amenazas, vulnerabilidad y riesgo de la siguiente manera:

Calificación del Riesgo.

De acuerdo con los colores de cada rombo, el riesgo se califica de la siguiente manera:

Las razones que llevan a esta calificación del riesgo son las siguientes:

Riesgo alto: significa que del 75% al 100% de los valores que representan la vulnerabilidad y la amenaza, están en su punto máximo para que los efectos de un evento representen un cambio significativo en la comunidad, la economía, la infraestructura y el medio ambiente.

Riesgo medio: significa que del 50% al 74% de los valores que representan la vulnerabilidad son altos o la amenaza es alta, también es posible que 3 de todos los componentes son calificados como medios, por lo tanto las consecuencias y efectos sociales, económicos y del medio ambiente pueden ser de magnitud, pero se espera sean inferiores a los ocasionados por el riesgo alto.

Riesgo bajo: significa que del 25% al 49% de los valores calificados en la vulnerabilidad y la amenaza representan valores intermedios, o que del 70% al 100% de la vulnerabilidad y la amenaza están controlados. En este caso se espera que los efectos sociales, económicos y del medio ambiente representen pérdidas menores.

Análisis de vulnerabilidad incluye los siguientes elementos evaluados: las personas, los recursos y los procesos, equipos o sistemas y el total de puntos obtenidos para cada uno.

Tabla 28: Vulnerabilidad en las personas.

	VULNERABILIDAD EN LAS PERSONAS	
	ORIGEN	TIPO
	NATURAL	Inundaciones
		Vendavales
		Incendios forestales
		Incendio
		Ruptura de la línea de flujo
		Explosiones
	TECNOLÓGICO	Derrames
		fallas en equipos y sistemas
		Fallas estructurales
		Accidente Laboral
		Accidentes de tránsito

Fuente: Formulación Plan de Contingencia.

4.6 INDICADORES DE TPM APLICADOS A CEMENTERAS

La evolución aplicativa de diversas tecnologías de gestión productivas, a lo largo de varias décadas, han registrado una lenta aceptación en las empresas a pesar de ser muchas de ellas de muy buena calidad. Generalmente ello se ha debido a que, a lo largo de su implementación han mostrado limitados éxitos en sus resultados, razón por la cual las empresas son conservadoras en implementarlas.

El Mantenimiento Productivo Total - TPM experimentado aplicativamente en el mundo desde la década de los 80, rompe esa tradición, al proponer estructurales cambios en la " cultura laboral de la producción y el mantenimiento " enfocando la gestión de mantener y producir como una sola unidad, con lo cual se logra inyectar un elevado beneficio en el proceso de la producción y en la calidad de los productos manufacturados o en el servicio que brindan las empresas. Es por ello que para implementar exitosamente el Mantenimiento Productivo Total - TPM como sistema en una empresa, se requiere primordialmente el decidido compromiso de la alta dirección en su desarrollo, condición que le permite tener de antemano un buen porcentaje de éxito ganado. La aplicación del TPM en un proceso productivo multiplica sus beneficios en corto plazo, aumentando la calidad, mejorando la productividad y elevando la competitividad empresarial. Un buen sistema de Mantenimiento Productivo Total, reduce sobre el 70% las perdidas crónicas de producción en corto plazo, recuperando la productividad en 20% a más, apreciándose una nueva "corriente de cultura laboral" en la producción y el mantenimiento que antes no había existido en las empresas.

Casos de aplicación exitosa del TPM en cementeras:

CEMENTOS DEL CARIBE: Esta empresa redujo su tiempo de mantenimiento correctivo no planeado en un 98% en un departamento y en otro alcanzó un 99% en un solo año con la implementación TPM.

CEMENTOS RIO CLARO: Esta empresa estima haber obtenido un retorno de la inversión de 10:1 sobre los costos de implementación de TPM.

TOLCEMENTO: Esta empresa redujo su costo de mantenimiento en un 60% al implementar TPM en un periodo de tiempo de tres años.

Lo más importante siempre es establecer el inicio de un programa de mejoramiento continuo desde la alta dirección y que sea esta quien plantee los objetivos y estrategias de implementación, enfocados en todos los ámbitos de la organización, pero en especial en el personal encargado de la producción, operarios y personal de mantenimiento.

5. CONCLUSIONES

- ✓ Con la integración de TPM, se cumplirá de manera efectiva con la tarea de reducir averías, accidentes y defectos, lograr una cobertura total de equipos, recopilando y registrando la información, analizando y creando diagnósticos del estado de cada uno de ellos.
- ✓ El Análisis de Criticidad permitió, en la empresa Cementos del Oriente S.A., unificar criterios de las directivas de mantenimiento y producción para establecer un orden jerárquico que permitiera direccionar los esfuerzos hacia los equipos críticos.
- ✓ Como resultado final del estudio de Análisis de Criticidad se concluyó que los dos equipos con la mayor criticidad fueron: Molino de Cemento y Soplador de carbón, resultado que se realizó a partir de un formato de encuesta permitiendo recoger la información por parte de los ingenieros, técnicos y operarios, ya que Cementos del Oriente S.A no permite tener acceso a datos de tipo confidencial, resultado que fue acorde con el criterio del ingeniero de mantenimiento y producción.
- ✓ Uno de los problemas que se presenta al tratar de plantear un programa de mantenimiento basado en TPM, está relacionado con el pensamiento y cultura errada que tienen los operadores respecto al rol del mantenimiento, de ahí que una de las prioridades es poder lograr un cambio cultural y transformar paradigmas, a través de programas de capacitación.
- ✓ Con la aplicación de ciertos pilares del TPM, Cementos del Oriente S.A no deberá invertir muchos recursos en estrategias y metodologías adicionales para crear modelos de mantenimiento aplicable a sus campos.
- ✓ En la elaboración del plan de Mantenimiento Productivo Total para la empresa Cementos del oriente S.A, el punto más difícil fue incrementar la eficiencia de la línea de producción mediante estrategias de reducción de tiempos muertos a través de la asignación de frecuencias de inspección, debido a que inspeccionar mucho aumenta los costos e inspeccionar poco genera desatenciones de los equipos, por esta razón, con la ayuda de los ingenieros y operarios se diseñaron rutas de inspección que pueden ser o no modificadas dependiendo de los resultados, aspecto que se evaluará al transcurrir el tiempo.
- ✓ El éxito del plan de Mantenimiento Productivo Total diseñado dependerá en gran parte del desempeño, honestidad y desarrollo con que el personal de la empresa Cementos del Oriente S.A realice los trabajos planeados para reducir

los desperdicios del proceso, aumentando el valor a la cadena productiva del cemento Portland tipo I.

BIBLIOGRAFÍA

BARALT, Rafael María. MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO, proyecto en ingeniería en mantenimiento mecánico, consultado septiembre 04 de 2013, disponible en:

<http://www.slideshare.net/alexandra797/mantenimiento-productivo-pdf>.

BARBA JORGE. La administración del mantenimiento dentro del sistema de calidad de la norma ISO 9001:2000. 2004

BECERRA SOLORZANO Guillermo. Diseño de un sistema integrado de Confiabilidad Operacional para el área de servicios industriales de Bavaria S.A. UPTC. Duitama. 2005

BOTERO, Camilo. Manual del mantenimiento. Ed. Fedemetal - Sena, Santa fe de Bogotá (1991). Pág. 9-11

ESPINOSA, Fernando. TPM-Mantenimiento productivo total, Charlas para la gestión de mantenimiento. Agosto 5 de 2013. Disponible en:

<http://campuscurico.utalca.cl/~fespinos/concepcion%20tpm%20mantenimiento%20productivo%20total.pdf>.

García Alejandra. Mantenimiento productivo total, proyecto en ingeniería de mantenimiento mecánico, consultado Septiembre 06 de 2013, Disponible en:

<http://www.slideshare.net/Alexandra797/mantenimiento-productivo-pdf>. Pág. 5-6

Ing. Víctor Manuel Gerbán. Manual de implementación programa 5 S

<http://www.eumed.net/cursecon/libreria/2004/5s/3.pdf>

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Compendio tesis y otros trabajos de grado. Quinta actualización. Santafé de Bogotá D.C.: ICONTEC, 2002. NTC 1486.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Compendio tesis y otros trabajos de grado. Quinta actualización. Santafé de Bogotá D.C.: ICONTEC, 2002. NTC 1486.

NAKAJIMA, Seiichi. Introduction al TPM. Norwalk-Connecticut, Massachusetts (1984) Pág. 10-11

PDVSA. Petróleos de Venezuela S.A. E & P Occidente.

PUERTO FONSECA óscar Fernando, propuesta de un modelo para la implementación del MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) de primer nivel con aplicación en la industria manufacturera. Monografía de grado especialista en gerencia de mantenimiento. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de ingenierías físico-mecánicas. Escuela de Ingeniería mecánica, 2009.

REY SACRISTÁN, Francisco. Mantenimiento total de la producción, Fundación Confemetal- Editorial (2001), Pág. 48-49

Salud laboral. <http://www.istas.net/web/index.asp?id>

Segunda actualización. Santa fé de Bogotá D.C.: ICONTEC, 1994. NTC 1075.

Segunda actualización. Santafé de Bogotá D.C.: ICONTEC, 1995. NTC 1487.

SUZUKI, Tokutaro. TPM en industrias de proceso, Madrid-España: TGP-Hoshin 1995. Pág. 87-101

VARGAS, Héctor. Manual de implementación programa 5'S, Consultado 8 de septiembre 2013, disponible en:
<http://www.eumed.net/cursecon/libreria/2004/5s/2.pdf>.