

MODELO DE PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA PLANTA DE AGREGADOS
HOLCIM COLOMBIA S.A

DIEGO ALEXANDER PINZÓN ZABALA
HENRY ARLEY GONZÁLEZ SALGADO

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

2020

MODELO DE PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA PLANTA DE AGREGADOS
HOLCIM COLOMBIA S.A

DIEGO ALEXANDER PINZÓN ZABALA
HENRY ARLEY GONZÁLEZ SALGADO

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN
GERENCIA DE MANTENIMIENTO

DIRECTOR
CARLOS AUGUSTO BELLO ROMANO
Esp. Gerencia de mantenimiento
Jefe de planta agregados HOLCIM.

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

2020

DEDICATORIA

En primera instancia a Dios que me brindó la oportunidad tener salud y vida para realizar este proyecto, y en segunda instancia a mi esposa, hija y padres que son el motor de mi vida y quienes me han apoyado en todo mi proceso académico.

Diego Alexander Pinzón Zabala

DEDICATORIA

A Dios por guiar mi camino y mostrarme su amor cada día

A mis padres por su apoyo incondicional, por motivarme a ser una mejor persona y
un excelente profesional

A mi hermano por acompañarme en cada paso

A mi novia por su apoyo incondicional.

Henry Arley González Salgado

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios por las bendiciones que nos ofrece cada día junto a nuestros seres queridos, a la Universidad Industrial de Santander por abrirnos las puertas para poder continuar con nuestra formación profesional, a cada uno de los docentes de la Especialización que nos brindaron su apoyo a través de sus conocimientos y experiencias, a Holcim S.A por la confianza al permitirnos realizar nuestro trabajo de grado en una de sus plantas y a nuestro Director por su acompañamiento en este proceso.

TABLA DE CONTENIDO

Pág.

<u>INTRODUCCIÓN</u>	<u>15</u>
<u>1</u> <u>CONTEXTUALIZACION DEL PROBLEMA</u>	<u>16</u>
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....	16
1.1.1 Holcim Colombia S.A	16
1.1.2 Planta de Agregados	17
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
1.3 OBJETIVOS	19
1.3.1 Objetivo general	19
1.3.2 Objetivos específicos	20
1.4 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	20
<u>2</u> <u>MARCO DE TEORICO</u>	<u>22</u>
2.1 ESTADO DEL ARTE	22
<u>3</u> <u>MARCO CONCEPTUAL</u>	<u>27</u>
3.1 QUE ES EL MANTENIMIENTO	27
3.2 MANTENIMIENTO CORRECTIVO	27
3.3 MANTENIMIENTO PREVENTIVO	28
3.4 MANTENIMIENTO PREDICTIVO.	29
3.5 TPM.....	29
3.6 MANTENIMIENTO AUTÓNOMO	32
3.7 TRITURACIÓN.....	34

3.7.1	Trituración Primaria	34
3.7.2	Trituración Secundaria	35
<u>4</u>	<u>DESCRIPCIÓN DE PROCESO Y EQUIPOS</u>	<u>37</u>
4.1	PROCESO DE TRITURADO HOLCIM.....	37
4.1.1	Preparación y Extracción de Cantera	38
4.2	PROCESAMIENTO	38
4.2.1	Procesamiento Primario	38
4.2.2	Procesamiento Secundario y Terciario.....	38
4.3	DESCRIPCION DE EQUIPOS	39
4.3.1	Trituradora de Mandíbula	39
4.3.2	Clasificadora Scalper	40
4.3.3	Cargador Frontal	41
4.3.4	Planta de Trituración Secundaria	41
4.3.5	Conos de Trituración	42
4.3.6	Zarandas-Clasificadoras	43
4.3.7	Elevador de Cangilones	44
4.3.8	Powder Separator	45
4.3.9	Separador Magnético	46
<u>5</u>	<u>METODOLOGÍA.....</u>	<u>47</u>
<u>6</u>	<u>DESARROLLO DE LA PROPUESTA</u>	<u>49</u>
6.1	FASE I. ANÁLISIS DE CRITICIDAD	49
6.2	FASE II. TÉCNICA DE MANTENIMIENTO REQUERIDA	52
6.2.1	Paso 1. Limpieza Inicial.....	53
6.2.2	Paso 2. Eliminar las Fuentes de Contaminación y Puntos Inaccesibles ...	59
6.2.3	Paso 3. Estándares de Limpieza e Inspección.....	61
6.2.4	Paso 4. Realizar Inspección General Del Equipo.....	62

6.2.5	Paso 5. Inspección General del Proceso	63
6.2.6	Paso 6. Sistematizar el Mantenimiento Autónomo	64
6.3	APLICACIÓN DE LA PROPUESTA DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO 64	
6.3.1	Limpieza de Equipos de Triturado Planta Holcim.....	64
6.4	FASE III. DEFINICION DE INDICADORES PARA EVALUAR LA GESTION DEL MANTENIMIENTO	67
6.5	FASE IV. DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO.....	73
<u>7</u>	<u>CONCLUSIONES.....</u>	<u>85</u>
<u>8</u>	<u>RECOMENDACIONES</u>	<u>86</u>
	<u>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</u>	<u>87</u>

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Pasos de implementación del mantenimiento autónomo.	33
Tabla 2. Ponderaciones para el análisis de criticidad.	50
Tabla 3. Análisis de criticidad de equipos planta de agregados.....	51
Tabla 4. Ejemplos de descubrimiento de las 7 anormalidades.	54
Tabla 5. Explicación de procedimiento inspección general.....	62
Tabla 6. Inspección pre operativa trituradora J-1175.....	74
Tabla 7. Inspección pre operativa trituradora J-1175.....	75
Tabla 8. Plan de engrase según manual TEREX J-1175.....	77
Tabla 9. Inspección pre operativa diaria.	78
Tabla 10. Inspección pre operativa diaria.	79
Tabla 11. Programa de engrase TEREX 883+.	81
Tabla 12. Ruta SAP mantenimiento PM1 cargador 950H.....	83
Tabla 13. Ruta SAP mantenimiento PM2, PM3 Y PM4 cargador 950H.....	84

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Localización geográfica planta de agregados Holcim Colombia S.A	18
Figura 2. Trituradora de mandíbulas	34
Figura 3. Trituradora de conos	35
Figura 4. Trituradora de impactos	36
Figura 5. Proceso de producción planta de agregados	37
Figura 6. Trituradora de mandíbula Terex J-1175	40
Figura 7. Clasificador Terex 883+	40
Figura 8. Cargador frontal LG958F	41
Figura 9. Bandas de transporte	42
Figura 10. Trituradora de cono	43
Figura 11. Zaranda clasificadora	44
Figura 12. Elevador de cangilones	44
Figura 13. Partes internas elevador de cangilones	45
Figura 14. Separador de polvo Powder separator.	46
Figura 15. Separador magnético	46
Figura 16. Fases metodológicas	47
Figura 17. Matriz general de evaluación de criticidad	52
Figura 18. Pasos para implementar el mantenimiento autónomo.	53
Figura 19. Zonas de limpieza diaria.	54
Figura 20. Tarjeta para indicar anomalías	57
Figura 21. Tareas de mejora	59
Figura 22. Guía para preparar estándares	61
Figura 23. Procedimiento para realizar programa de inspección general.	62
Figura 24. Evaluación del indicador S3	68
Figura 25. Evaluación para el indicador S5	69
Figura 26. Evaluación para el indicador S7	70
Figura 27. Evaluación del indicador S12	71

Figura 28. Evaluación del indicador K1	71
Figura 29. Evaluación del indicador K2.....	72
Figura 30. Evaluación del indicador K6.....	73
Figura 31. Plan de engrase según manual TEREX J-1175.....	76
Figura 32. Puntos de engrase según manual TEREX 883+.	80

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

	Pág.
Fotografía 1. Suciedad en orugas.....	65
Fotografía 2. Suciedad en Bastidor y estructura general.	65
Fotografía 3. Suciedad en motores.....	66
Fotografía 4. Alimentador.....	66

RESUMEN

TITULO:

MODELO DE PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA PLANTA DE AGREGADOS HOLCIM COLOMBIA S.A

AUTORES:

DIEGO ALEXANDER PINZÓN ZABALA**
HENRY ARLEY GONZÁLEZ SALGADO**

PALABRAS CLAVE:

MANTENIMIENTO AUTÓNOMO, DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS, CAPACITACIÓN.

CONTENIDO:

Este trabajo de grado tuvo como objetivo elaborar un modelo de plan de mantenimiento para la planta de agregados de la empresa HOLCIM S.A, siguiendo un diseño pre experimental con enfoque descriptivo con el fin de destacar la importancia que tiene la implementación del mantenimiento autónomo en el incremento de la productividad y aumento de disponibilidad de los equipos en el área de mantenimiento.

Este tipo de mantenimiento fue seleccionado teniendo en cuenta que no hay historial de los equipos ya que la empresa los adquirió como nuevos, de esta manera si se implementa el mantenimiento autónomo adecuadamente y a tiempo se evitara el deterioro de los mismos alargando su vida útil y a la vez se involucrara a los operadores de los equipos cuyos aportes son importantes para la producción, y así se evitaran perdidas en costos y materiales para la empresa y por el contrario aumentara la productividad y competitividad en el mercado.

El desarrollo de este plan se basó en las siete etapas del mantenimiento autónomo, las cuales están enfocadas en la limpieza del equipo e inspecciones en las que se identifiquen anomalías. Este documento queda establecido para su implementación y servirá como soporte para el mejoramiento de otras áreas de la empresa.

*Monografía de grado

**Facultad de ingenierías Físico-Mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento.

Director: Carlos Augusto Bello Romano.

ABSTRACT

TITLE:

MODEL MAINTENANCE PLAN FOR THE HOLCIM COLOMBIA S.A AGGREGATE PLANT

AUTHOR:

DIEGO ALEXANDER PINZÓN ZABALA**

HENRY ARLEY GONZÁLEZ SALGADO**

KEYWORDS:

AUTONOMOUS MAINTENANCE, EQUIPMENT AVAILABILITY, TRAINING.

CONTENTS:

This degree work aimed to develop a model maintenance plan for the HOLCIM S.A aggregate plant, following a preexperimental design with a descriptive approach in order to highlight the importance of the implementation of autonomous maintenance in increasing productivity and increasing availability of equipment in the area of maintenance.

This type of maintenance was selected considering that there is no history of the equipment since the company acquired them as new, in this way, if autonomous maintenance is implemented properly and in time the deterioration of the same will be avoided by extending its useful life and at the same time involving the operators of the equipment whose contributions are important for the production, and thus avoid lost costs and materials for the company and on the contrary increase productivity and competitiveness in the market.

The development of this plan was based on the seven stages of autonomous maintenance, which are focused on cleaning the equipment and inspections in which anomalies are identified. This document is established for implementation and will support the improvement of other areas of the company.

*Monograph

**Physical-Mechanical Faculty. Maintenance Management Specialization.

Director: Carlos Augusto Bello Romano

INTRODUCCIÓN

Durante años las empresas han desarrollado estrategias que permitan el mejoramiento de la calidad de los procesos, así como mantener en condiciones óptimas sus equipos de producción, la competitividad en el mercado hace que cada empresa quiera cumplir con las expectativas de sus clientes, además de mantener sus procesos rentables evitando al máximo las pérdidas minimizando los costos asociados al mantenimiento. Es así como se propone el mantenimiento autónomo como un plan de mejora continua en el cual los mismos operarios se hacen partícipes de este proceso, ya que la mayoría de veces las fallas ocurren por la falta de capacitación y conocimiento de los equipos, lo que conlleva al deterioro de los mismos afectando la productividad de la empresa.

Debido a la reestructuración de la planta de Holcim para el año 2019, se decidió incorporar de nuevo el proceso de explotación y comercialización de agregados, motivo por el cual, la empresa adquirió equipos nuevos para el funcionamiento de la planta, y como consecuencia se requiere de personal capacitado. Por lo anterior, este trabajo pretende diseñar un modelo de plan de mantenimiento autónomo perteneciente a uno de los pilares del TPM, para ello se identificarán los equipos de mayor relevancia en el proceso que garanticen un mínimo de disponibilidad del 90% de la planta.

1 CONTEXTUALIZACION DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

Holcim nace como una empresa de sociedad suiza y nombre inicial Holderbank debido a que en 1912 en esta ciudad se da origen a la compañía, su producción de cementos, agregados y concreto premezclado y la visión expansionista de sus socios los convierten en líderes a nivel mundial de estos productos con presencia en más de 50 países y con más de 80.000 empleados directos en todo el mundo¹.

Su política de construcción sostenible es promovida desde la Fundación Holcim que por medio de un foro internacional creó las pautas para apoyar todo lo referente a la sostenibilidad en aspectos tecnológicos, socio-económicos, culturales, y ambientales, que afecten la construcción tanto regional como a nivel mundial².

A mediados del año 2015 se concreta la fusión entre las dos grandes cementeras Lafarge de origen francés y Holcim de origen suizo creando una nueva compañía con nombre de LAFARGEHOLCIM³, con un estimado de 115.000 empleados y presencia en más de 90 países y ventas anuales por más de 35.000 millones de USD⁴.

1.1.1 Holcim Colombia S.A

HOLCIM COLOMBIA S.A es una compañía multinacional perteneciente a la firma LAFARGE-HOLCIM de origen francés y suizo dedicada a la fabricación de cemento,

¹ Holcim. Wikipedia: La enciclopedia libre [consultado el 15 de junio de 2020, 20:05]. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Holcim>

² Ibid., p 1.

³ LAFARGEHOLCIM. Our history. [sitio web]. Suiza. [Consultado: 15 de junio de 2020]. Disponible en: <https://www.lafargeholcim.com/our-history>

⁴ EL COMERCIO. Fusión de Holcim y Lafarge para crear líder mundial de cemento. Quito. [Consulta:16 de junio de 2020] Disponible en: <https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/fusion-de-holcim-y-lafarge.html>

concreto premezclado, explotación y venta de Agregados⁵. Este último ha tenido cambios estructurales al interior de la organización para el regional Latinoamérica y Colombia no ha sido la excepción.

A causa de dichos cambios el segmento de agregados en Colombia no se estaba trabajando y el principal enfoque de la compañía se encontraba en la producción y comercialización de cemento y concreto premezclado. Pero a raíz de nuevos cambios organizacionales y necesidades internas en la producción actual, la compañía desde mediados del año 2019 decidió incursionar nuevamente en la explotación y comercialización de agregados.

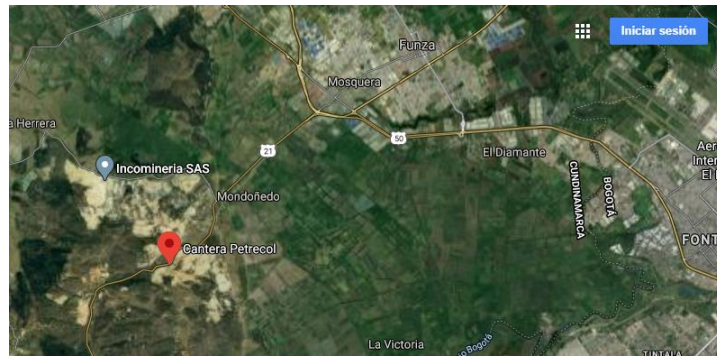
1.1.2 Planta de Agregados

A mediados del año 2019 y a raíz de las necesidades propias del mercado, la compañía Holcim Colombia S.A empresa de Lafargeholcim en cabeza de su CEO Jaime Hill Tinoco decide volver a incursionar en el segmento de agregados.

En la búsqueda de cantera, permisos ambientales, y además zona estratégica para el mercado el Comité Ejecutivo decide tomar inicialmente un predio en la zona de Mosquera ubicado en la vía Mosquera-La mesa que era explotado por la empresa Petrecol y en esta ubicación muy cerca de la capital del país se espera retomar la elaboración de materiales Agregados y sus compuestos, tales como: Gravas de diferentes tamaños para la fabricación de concreto premezclado, bases y subbases para suelos, y agregados para fabricación de asfaltos.

⁵ HOLCIM. Nuestra Empresa. [sitio web]. Colombia. [Consulta: 16 de junio de 2020]. Disponible en: <https://www.holcim.com.co/nuestra-empresa>

Figura 1. Localización geográfica planta de agregados Holcim Colombia S.A



Fuente: Google Maps. Planta de agregados

Holcim.2020. <https://www.google.es/maps/place/Cantera+Petrecol/@4.6682487,-74.2792961,13032m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x8e3f76fefcfd1f9d:0x4d33897a04f5b01!8m2!3d4.6681287!4d-74.2680111>

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

HOLCIM COLOMBIA S.A es una compañía multinacional perteneciente a la firma LAFARGE-HOLCIM de origen francés y suizo dedicada a la fabricación de cemento, concreto premezclado, explotación y venta de Agregados. Este último ha tenido cambios estructurales al interior de la organización para el regional Latinoamérica y Colombia no ha sido la excepción.

A causa de dichos cambios el segmento de agregados en Colombia no se está trabajando actualmente y el principal enfoque de la compañía se encuentra en la producción y comercialización de cemento y concreto premezclado. Pero a raíz de nuevos cambios organizacionales y necesidades internas en la producción actual, la compañía desde mediados del año 2019 ha decidido incursionar nuevamente en la explotación y comercialización de agregados, el mantenimiento autónomo juega un papel muy importante pues pretende aumentar la eficacia y disponibilidad de los equipos de producción, esto permitirá a la empresa la disminución de costos de mantenimiento.

A partir de lo anterior se evidencia la necesidad de elaborar un modelo de plan de mantenimiento para la planta de agregados, éste no es nuevo para la compañía, pero por el contrario sí lo es para el personal que labora actualmente, ya que por cambios organizacionales o jubilación las personas que tenían experiencia en este segmento ya no están vinculadas o están en otros procesos.

Es necesario que se implementen estrategias basadas en el mantenimiento autónomo con el fin de preparar al personal de tal modo que conozcan el funcionamiento de los equipos, así como las dificultades que pueden tener durante su operación, estas actividades son el resultado del entrenamiento y capacitación de los operarios.

Por otra parte, este modelo debe aprovechar los beneficios que tiene la empresa Holcim Colombia S.A con algunos proveedores, como por ejemplo el de lubricantes, ellos obsequian la realización de los análisis respectivos con el fin de identificar diferentes variables a controlar en el proceso.

Finalmente se debe tener en cuenta que todos los equipos y máquinas son nuevos e importados, por esto la importancia de definir y controlar el stock requerido de elementos críticos para evitar varadas o paradas por falta de repuesto o demoras en su importación.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

Elaborar un modelo de plan de mantenimiento para la planta de agregados de HOLCIM COLOMBIA S.A.

1.3.2 Objetivos específicos

Identificar los equipos críticos del proceso mediante la metodología de análisis de criticidad.

Describir la técnica de mantenimiento que se ajuste a la propuesta de plan de mantenimiento para la planta de agregados HOLCIM COLOMBIA S.A.

Definir indicadores con los cuales se va a evaluar la gestión de mantenimiento.

Diseñar un plan de mantenimiento autónomo que garantice un mínimo de disponibilidad según los requerimientos de la compañía, y que sirva como base para su posterior implementación en la planta de agregados HOLCIM con la ayuda del software SAP.

1.4 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La importancia que debe existir actualmente sobre la confiabilidad de un plan de mantenimiento debe ser muy alta y estar a la vanguardia de las compañías, ya que de esto depende que todo funcione óptimamente tanto para la producción como para el área financiera (Gastos de mantenimiento). Los problemas llegan cuando se tienen planes desactualizados y obsoletos, o que incluso se han generalizado tanto que no tienen en cuenta las particularidades de cada equipo y se llega a considerar que es lo mismo tener un equipo de última tecnología, que un equipo de hace 5, 10 o hasta 15 años de antigüedad.

Lo anterior puede llevar a gastos innecesarios, exagerados o pérdidas económicas en producción, debido a planes de mantenimiento que no corresponden, por

ejemplo, intervenciones al equipo antes del tiempo requerido o falta de las mismas, lo que generaría gastos de repuestos y personal innecesarios o paradas de producción debido a fallas por falta de mantenimiento.

Así pues, el presente trabajo busca establecer un modelo de plan de mantenimiento para la nueva planta de agregados de la compañía HOLCIM COLOMBIA S.A, identificando la criticidad de equipos y estableciendo una propuesta para la implementación del plan en el software SAP.

2 MARCO DE TEORICO

En este capítulo se realiza un estado del arte sobre el mantenimiento autónomo, exponiendo los referentes teóricos que guían y soportan el presente trabajo.

2.1 ESTADO DEL ARTE

Reconociendo la necesidad de implementar planes de Mantenimiento Autónomo para obtener beneficios empresariales en distintos sectores, se realizó una revisión sistemática que comprende trabajos realizados a nivel internacional y nacional en un periodo de tiempo comprendido del 2016-2020.

A continuación, se hace una descripción de algunos trabajos realizados a nivel internacional.

En Perú el trabajo de grado titulado “Aplicación del mantenimiento autónomo para incrementar la productividad en el área de mantenimiento de máquinas herramienta de la empresa AIRTEC S.A. Callao 2018” tuvo como propósito incorporar el mantenimiento autónomo con miras de un desarrollo descriptivo, cuantitativo o explicativo, en el área de mantenimiento de máquinas herramienta, donde se evidencio que la falta de preparación del personal afecta la producción⁶.

Se concluyó que al desarrollar los siete pasos que son propios del mantenimiento autónomo junto a la 5s aumenta la productividad de la empresa. Por otro lado, se comprobó que cuando los operadores se prepararan en el manejo adecuado de las

⁶ MORILLO LEÓN, Christian. Aplicación del mantenimiento autónomo para incrementar la productividad en el área de mantenimiento de máquinas herramienta de la empresa AIRTEC S.A. Callao 2018. Trabajo de grado Ingeniero industrial. Perú: Universidad César Vallejo. Facultad de ingeniería, 2018. 10 p.

máquinas herramienta, se pueden identificar a tiempo las fallas y tratar de manera oportuna, por ende, se disminuyen los costos de mantenimiento⁷.

Por otro lado, el artículo “Implementing autonomous maintenance in an automotive components manufacturer” trata de un estudio que implementó el mantenimiento autónomo en una empresa dedicada a la producción de tubos de aire acondicionado para el sector automotriz, con el propósito de minimizar el número de paros de los equipos de la línea de producción producto de las fallas repetitivas. Mediante el desarrollo de las 7 fases propias del mantenimiento autónomo lograron incrementar la disponibilidad de los equipos en un 10% y a la vez en un 8% en la Eficiencia General de los Equipos (OEE), adicionalmente hubo un cambio positivo en el Tiempo Medio entre Fallas (MTBF) y una disminución en el Tiempo Medio de Reparación (MTTR)⁸.

Lo anterior se llevó a cabo gracias al trabajo en conjunto entre operarios y técnicos con la adquisición de nuevas responsabilidades encaminadas a buenas prácticas de mantenimiento de los equipos, mediante la identificación oportuna de problemas que conllevaran a posibles averías, actuando inmediatamente con el despliegue de actividades de limpieza, organización y inspecciones diarias de los elementos considerados críticos en el área de trabajo⁹.

En el ámbito nacional se destacan trabajos como el propuesto en Risaralda Colombia titulado “Propuesta de un sistema de mantenimiento autónomo como pilar fundamental del mantenimiento total productivo para el área de recurticion de la empresa americana de curtidos LTDA Y CIA S.C.A” en esta empresa dedicada a la fabricación y comercialización de cueros ubicada en el municipio de Santa Rosa de Cabal se implementó el mantenimiento autónomo debido a las deficiencias en su productividad arraigadas a las paradas de planta como consecuencia de las fallas

⁷ Ibid., 83 p.

⁸ GUARIENTE, P, *et al.* Implementing autonomous maintenance in an automotive components manufacturer. *Revista ScienceDirect*.2017, Vol. 13, pp. 1128-1134.

⁹ Ibid., pp.1128-1134.

en los equipos de las distintas líneas de producción especialmente en la de recurtición, donde se vieron involucrados los siguientes factores: la falta de trabajo colaborativo entre el área de mantenimiento y producción, ausencia de protocolos para la operatividad de los equipos, carencia de conocimientos sobre mantenimiento por parte de los operadores y el notable desinterés del departamento de producción al no realizar actividades que mitiguen el deterioro de los equipos en pro de la vida útil de estos¹⁰.

Como resultado de la implementación del mantenimiento autónomo, se logró la disminución de los índices de paros de producción por fallas en los equipos en un 70%, así mismo se aumentó la disponibilidad del departamento de mantenimiento en un 45% para realizar actividades que ameriten mano calificada¹¹.

Finalmente, en el Departamento de Antioquia se desarrolló el trabajo de grado “Implementación del mantenimiento autónomo a las herramientas neumáticas de la línea de ensamble de la empresa AUTEKO MOBILITY SAS”, se tomó como objeto de estudio la empresa Auteco Mobility SAS específicamente en una de sus sedes ubicada en el municipio de Itagüí, cuya compañía se desempeña como ensambladora y comercializadora de motocicletas. El mantenimiento autónomo se implementó en la línea de ensamblaje de combustión, la cual cuenta con una red neumática, que sirve como medio para el funcionamiento de las pistolas neumáticas, utilizadas para el ajuste y ensamblaje de las motocicletas¹².

¹⁰ DUQUE OCAMPO, Diana Marcela y ECHEVERRI ÁNGEL, Juliana. Propuesta de un sistema de mantenimiento autónomo como pilar fundamental del mantenimiento total productivo para el área de recurtición de la empresa americana de curtidos LTDA Y CIA S.C.A. Trabajo de grado Ingeniero Industrial. Pereira: Universidad Católica de Pereira. Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería. Programa de Ingeniería Industrial, 2018. 5 p.

¹¹ Ibid., 74 p.

¹² GALLEGO VALENCIA, Santiago y ARBOLEDA URREA, Yeny Patricia. Implementación del mantenimiento autónomo a las herramientas neumáticas de la línea de ensamblaje de la empresa AUTEKO MOBILITY SAS. Trabajo de grado Tecnología en sistemas electromecánicos. Medellín: Instituto Tecnológico Metropolitano, 2019. 21 p.

Los problemas asociados a la línea de ensamblaje de combustión son el deterioro de los elementos internos debido a las presiones utilizadas en los procesos de ensamblaje, la lubricación inadecuada de las herramientas neumáticas y el uso de actividades correctivas ante fallas repentinas, perjudicando a la empresa con paros de procesos no deseados, conllevando a pérdidas económicas y al desprestigio de imagen frente a los clientes por entregas tardías¹³.

Con la implementación del mantenimiento autónomo se logró involucrar a todo el personal de la línea de combustión, tanto líderes como operadores en pro de los cuidados rutinarios de los equipos y herramientas para extender su vida útil, mediante actividades básicas como limpieza, lubricación y adicionalmente con las 5s. Por otro lado, los paros fortuitos asociados a averías de las herramientas neumáticas de trabajo se minimizaron y se consiguió la disponibilidad de un 99% gracias a la técnica utilizada¹⁴.

Finalmente, se destaca un trabajo a nivel local titulado “Implementación de los pilares I, II Y III del TPM (Mantenimiento productivo total) en las máquinas de corte automático AC90-A de la empresa YAZAKI CIEMEL S.A.” este trabajo se desarrolló en la empresa YAZAKI CIEMEL S.A. localizada en Chía – Cundinamarca Colombia, dedicada a la fabricación de arneses eléctricos, que cumplen la función de conducir la energía eléctrica a distintos puntos del vehículo. Para la elaboración de este producto se requieren máquinas de corte automático AC90-A de fabricación japonesa, las cuales presentaron diversos desajustes considerados básicos ocupando al personal del área de mantenimiento; estos desajustes podrían haber sido intervenidos por los propios operarios si contaran con las capacitaciones adecuadas contribuyendo con el fortalecimiento continuo de los procesos¹⁵. Con la

¹³ Ibid., p 22.

¹⁴ Ibid., p 44.

¹⁵ CABAÑA PLATA, José Ignacio. Implementación de los pilares I, II y III del TPM (Mantenimiento Productivo Total) en las máquinas de corte automático AC90-A de la empresa YAZAKI CIEMEL S.A. Trabajo de grado Especialista en Gerencia de Mantenimiento. Bucaramanga: Universidad Industrial

implementación del mantenimiento autónomo se pudo evidenciar la articulación entre el área de producción y mantenimiento, pues de esta manera los operarios están en la capacidad de realizar intervenciones simples a los equipos, dejando únicamente las tareas predictivas al personal especializado¹⁶.

de Santander. Facultad de Ingeniería Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica, 2019. 11

p.
¹⁶ Ibid., p 72.

3 MARCO CONCEPTUAL

3.1 QUE ES EL MANTENIMIENTO

El mantenimiento tiene como función vigilar los activos de una empresa mediante un conjunto de tareas pertinentes de mantenimiento, en pro de su preservación o reparaciones que se rigen a ciertos parámetros preestablecidos que puedan garantizar una calidad óptima de sus productos¹⁷.

3.2 MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Este tipo de mantenimiento está enfocado en la intervención de los equipos que perdieron su funcionalidad operacional debido a percances inesperados como fallas o averías en alguno de sus componentes, tomando acción inmediata mediante el despliegue de un conjunto de tareas encaminadas al restablecimiento operacional y productivo en el menor tiempo posible¹⁸.

Mantenimiento correctivo contingente:

Es de esperarse que en las empresas existan equipos o maquinarias que son indispensables para la prestación de sus servicios. Si alguno de ellos fallara la empresa se vería afectada de manera negativa al no alcanzar las metas establecidas respecto a la entrega oportuna de los productos de acuerdo a la fecha estipulada con el cliente, implicando sanciones económicas hasta llegar al punto de tener una imagen desfavorable la empresa. Por esta razón, el mantenimiento

¹⁷ DUFFUAA, Salih O; RAOUF., A y DIXON CAMPBELL, John. Sistemas de mantenimiento planeación y control. México D.F: Limusa Wiley, 2000. 29 p. ISBN 968-18-5918-9

¹⁸ MEDRANO MÁRQUEZ, José Á; GONZÁLEZ AJUECH., Víctor L y DÍAS de LEÓN SANTIAGO, Vicente M. Mantenimiento: técnicas y aplicaciones industriales. 1° ed. México: Grupo Editorial Patria, 2017. 28 p. ISBN E-book: 978-607-744-709-2

correctivo contingente es el que destina todas sus actividades para atender las fallas de los equipos críticos con carácter prioritario, involucrando la mayoría de los recursos disponibles por el departamento de mantenimiento con el fin de evitar los efectos negativos ya mencionados¹⁹.

Mantenimiento correctivo programado²⁰

A diferencia del mantenimiento correctivo contingente, el programado dispone sus actividades de reparación a los equipos no críticos de la empresa, los cuales no tienen un impacto significativo sobre los procesos productivos de la organización.

Estos equipos se podrán intervenir de forma programada dentro un lapso de tiempo relativamente corto desde que se presenta la falla, bien sea durante el día o el transcurso de la semana, dándole vía libre a la destinación idónea de los recursos del departamento de mantenimiento a los demás activos considerados de mayor importancia para la organización.

Para el desarrollo adecuado de esta técnica de mantenimiento sus actividades deben estar apoyadas por algunas herramientas como instructivos de mantenimiento, programas informáticos, evidencias documentales y requerimientos técnicos de las reparaciones que se estén efectuando a cada uno de los equipos.

3.3 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Este tipo de mantenimiento se caracteriza por anticiparse a las fallas potenciales que son evidentes en los equipos, mediante la incorporación de actividades planificadas donde se especifican intervalos periódicos de tiempo para el recambio de ciertas partes que indican un evidente desgaste respecto al número de ciclos de

¹⁹ Ibid., p 29.

²⁰ Ibid., p 30.

trabajo, y por ende evitar que se materialice una futura falla con consecuencias nefastas para la producción de la empresa. El remplazo de las piezas se realiza usualmente de manera metódica sin tener en consideración su grado de deterioro, utilizando como guía el tiempo de uso del equipo y los datos suministrados por el tiempo medio entre fallos (MTBF, Mean Time Between Failure) del elemento²¹.

3.4 MANTENIMIENTO PREDICTIVO²².

El mantenimiento predictivo tiene como función detectar y alertar de ciertas anomalías relacionadas con el mal funcionamiento de ciertos componentes de las máquinas, mediante el monitoreo continuo utilizando como herramientas un conjunto de ensayos como el análisis de vibraciones, termografía, análisis por ultrasonido y análisis de aceites sin afectar la integridad del equipo.

Gracias a esta técnica de mantenimiento, las fallas son descubiertas con antelación evitando que estas se materialicen, dando la posibilidad de programar actividades planificadas para realizar las reparaciones pertinentes sin interferir de manera negativa el proceso de producción y a la vez con el gran beneficio de extender la vida útil del equipo.

3.5 TPM

El TPM (Total Productive Maintenance) es un sistema de gestión de mantenimiento, que tiene como propósito establecer las pautas necesarias para que el mismo personal de producción desarrolle las actividades de mantenimiento.

²¹ SÁNCHEZ MARÍN, Francisco T, *et al.* Mantenimiento mecánico de máquinas. 2ªed.Castelló de la Plana: Publicacions de la Universitat Jaume I,2007. 12 p. ISBN 978-84-15443-89-6

²² OLARTE, William; BOTERO, Marcela y CAÑÓN, Benhur. Técnicas de mantenimiento predictivo utilizadas en la industria. Scientia et Technica.2010, Vol.2, nro.45. p.224.ISSN 0122-1701

Este mantenimiento autónomo, se debe apoyar en el trabajo en sinergia donde involucre a todos los empleados tanto de producción y mantenimiento, por medio de la incorporación de una cultura propia que promueva un cambio mental en el que se vea reflejado en el trabajo colaborativo²³.

A continuación, se observará las ventajas y mejoras con las que esta técnica puede contribuir a una empresa.

Reducción del número de averías de equipo.

En las empresas es de esperarse que dispongan de operarios de producción calificados que tengan la facultad de detectar y solucionar las fallas especialmente las que sobresalen por su notoriedad. Sin embargo, los departamentos de mantenimiento en la mayoría de los casos son los que intervienen para solucionar el problema sin tener en cuenta a los operarios de producción²⁴.

Reducción del tiempo de espera y preparación de los equipos de trabajo.

Al no existir un trabajo colaborativo entre los departamentos de producción y mantenimiento, se crearán lapsos de tiempo en el que no se tomarán acciones instantáneas para abordar las irregularidades de funcionamiento de los equipos consideradas relativamente sencillas e incluso el chequeo periódico. Este tiempo improductivo se podrá eliminar, mediante las tareas autónomas realizadas por el operario²⁵.

²³ GONZÁLEZ FERNÁNDEZ, Francisco. Mantenimiento en producción (TPM). En: Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado. 4 ed. España: Madrid, 2012. p. 118-119.

²⁴ Ibid., p. 119.

²⁵ Ibid., p. 119.

Aumento del control de herramientas y equipos.

Al asignar a los operarios de forma acertada cierta cantidad de herramientas o activos relacionados con producción, tendrán que asumir con mayor grado de compromiso, la preservación y supervisión de estos. De esta manera, se evitarán discrepancias entre los departamentos de producción y mantenimiento al eliminarse la transferencia de responsabilidad ante cualquier avería o ineficiencia en la supervisión²⁶.

Conservación del medio ambiente y ahorro de energía.

El tiempo de improductividad de los equipos por el surgimiento de alguna anomalía, se pueden reducir mediante la inspección rutinaria por parte de los mismos operadores, contribuyendo así en la conservación de su integridad de la maquinaria, incrementando su vida útil y a la vez con la minimización de los derroches de energía que se ven involucrados en estos procesos²⁷.

Mayor formación y experiencia de los recursos humanos.

Las actividades rutinarias realizadas por los operarios de producción se pueden convertir en monótonas, al estar centradas únicamente a los procesos de fabricación, dando lugar a que se cometan equivocaciones que comprometan la seguridad del personal y la integridad de los equipos. Lo anteriormente descrito, se puede evitar mediante conocimientos más profundos asociados a los equipos por parte de los operarios que les pueda servir como herramienta para un mayor desenvolvimiento en su entorno laboral²⁸.

²⁶ Ibid., p. 119.

²⁷ Ibid., p. 120.

²⁸ Ibid., p. 120.

3.6 MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

Este pilar perteneciente al TPM, comprende todas las tareas básicas de mantenimiento rutinarias desarrolladas por parte de los mismos operarios enfocadas a garantizar un funcionamiento óptimo de sus equipos de trabajo y por ende extender su vida útil. Para la creación de estas tareas se deben plantear con la ayuda de los operarios para posteriormente ser estandarizadas. Por otra parte, el operario debe ser capacitado para adquirir nuevos conocimientos para dominar su herramienta de trabajo y poder ejecutar actividades como inspección, limpieza, lubricación, recambio de piezas y aportes de mejora²⁹.

Objetivos del mantenimiento autónomo³⁰.

- Prevenir el deterioro de la maquina por medio de inspecciones rutinarias y su adecuado manejo.
- Llevar la máquina a su funcionamiento óptimo, mediante reparaciones y una adecuada gestión.
- Garantizar las condiciones básicas, que permitan la conservación del equipo mediante procedimientos de mantenimiento eficaces y de manera continua.
- Aprovechar la máquina como medio de aprendizaje para crear nuevas formas de pensamiento y de trabajo.

²⁹ OROZCO BARRAGÁN, Gabriel y PELÁEZ MOTTA, Francisco. Estudio y diseño del programa de implementación del pilar del mantenimiento autónomo, como una estrategia para aumentar la eficiencia global del equipo (OEE), reduciendo las causas de las seis grandes pérdidas para la línea de producción especializada en el principal cliente de la empresa Systempack Ltda. Trabajo de grado. Ingeniería industrial. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de ingeniería, 2009. 19 p.

³⁰ NAKAZATO, Koichi. *Mantenimiento autónomo*. En: Japan Institute of plant Maintenance. SOCHY KOGYONO. *TPM en industrias de proceso*. España: Editado por Tokutaro Susuki, 1995, pp. 87-143. ISBN 84-87022-18-9.

Tabla 1. Pasos de implementación del mantenimiento autónomo.

Pasos	Actividades
1. Realizar limpieza inicial	<ul style="list-style-type: none"> • Remover todo tipo de suciedad y polvo de la maquinaria. • Revelar las anomalías asociadas a defectos menores, fuentes de contaminación, sitios con difícil acceso, y fuentes que comprometan la calidad. • Eliminar los elementos que no son indispensables con poca utilidad, y sintetizar la máquina.
2. Eliminar las fuentes de contaminación y lugares inaccesibles.	<ul style="list-style-type: none"> • Minimizar el tiempo que se requiere para dejar la máquina organizada, eliminando el origen de polvo y suciedad, evitando la diseminación, y optimizar los elementos respecto su limpieza, revisión, lubricación, y ajustes.
3. Establecer estándares de limpieza, lubricación y apretado de pernos.	<ul style="list-style-type: none"> • Plantear estándares de trabajo que contribuyan a la perduración de actividades como limpieza, lubricación y ajuste apropiado de pernos en el menor tiempo posible y con una reducción de esfuerzo. • Aumentar la eficacia del trabajo de inspección mediante la implementación de controles visuales.
4. Realizar la inspección general del equipo.	<ul style="list-style-type: none"> • Facilitar el estudio sobre métodos de inspección ligados a manuales. • Disponer cada uno de los componentes de la máquina en excelente estado por medio de la inspección general. • Modificarla la máquina de manera que pueda favorecer su chequeo, con controles visuales exhaustivos.
5. Realizar inspecciones generales de los procesos.	<ul style="list-style-type: none"> • Facilitar la formación respecto los rendimientos de procesos, operaciones y ajustes, capacitar sobre el correcto abordaje de anomalías con el propósito de contar con operarios calificados que contribuyan en el aumento de la fiabilidad operacional.
6. Mantenimiento autónomo sistemático.	<ul style="list-style-type: none"> • Implantar el mantenimiento enfocado a la calidad y seguridad, mediante la implementación de procedimientos y estándares que sean de fácil comprensión. • Constituir un sistema de autogestión que agilice la dinámica en el espacio de trabajo, las piezas de recambio, instrumentación, historiales, etc.
7. Práctica plena de la autogestión	<ul style="list-style-type: none"> • Fomentar tareas de mejora y estandarización acorde a los objetivos y políticas, y minimizar los costos relacionados con los desperdicios en los espacios de trabajo. • Mejorar constantemente aspectos concernientes al mantenimiento de la maquinaria mediante el seguimiento histórico del mantenimiento (MTBF), con su posterior análisis de manera sistemático.

Fuente: Elaboración propia, con base en (NAKAZATO, Koichi. *Mantenimiento autónomo*. En: Japan Institute of plant Maintenance. SOCHY KOGYONO. *TPM en industrias de proceso*. España: Editado por Tokutaro Susuki, 1995, 102 p. ISBN 84-87022-18-9

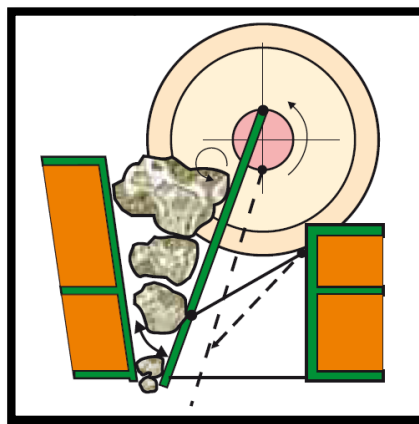
3.7 TRITURACIÓN

3.7.1 Trituración Primaria

Trituración de mandíbula

Su función primordial es el de transformar el material para ser conducido con mayor facilidad mediante cintas transportadoras a las fases subsecuentes de trituración. La trituración se lleva a cabo por medio de una mandíbula fija y una móvil, los forros que se encuentran en la mandíbula móvil están encima de una biela la cual se mueve oscilantemente y se deben sustituir periódicamente como resultado de su deterioro³¹.

Figura 2. Trituradora de mandíbulas



³¹ METSO. Manual de trituración y cribado Metso. Catalogo No. 2051-12-08-CBL/Tampere-Español. Finlandia: 2008. 3-1 p. Disponible en: <https://pdfslide.net/documents/manual-de-trituracion-y-cribado-metsopdf.html>

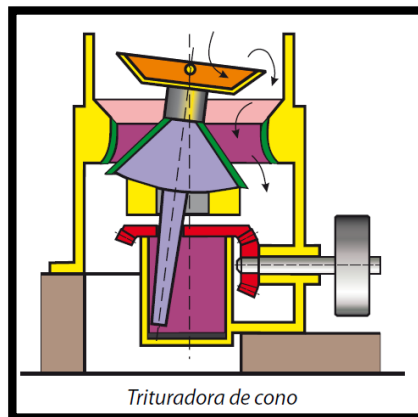
Fuente: METSO. Manual de trituración y cribado Metso. Catalogo No. 2051-12-08-CBL/Tampere-Español. Finlandia: 2008. 3-1 p. Disponible en: <https://pdfslide.net/documents/manual-de-trituracion-y-cribado-metsopdf.html>

3.7.2 Trituración Secundaria

Trituradora de conos

Este tipo de trituradora transforma el material a un tamaño más reducido, al ser sometido a fuerzas de compresión dentro una cámara. El proceso se realiza entre un elemento exterior fijo y un elemento interior móvil que está integrado al mecanismo del eje oscilante. El movimiento oscilante del eje principal es generado al ponerse en marcha un eje excéntrico por medio de una corona y un piñón³².

Figura 3. Trituradora de conos



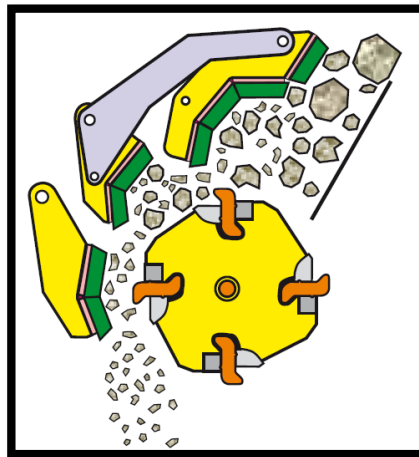
Fuente: METSO. Manual de trituración y cribado Metso. Catalogo No. 2051-12-08-CBL/Tampere-Español. Finlandia: 2008. 3-1 p. Disponible en: <https://pdfslide.net/documents/manual-de-trituracion-y-cribado-metsopdf.html>

³² Ibid., 3-1 p.

Trituradoras de impactos.

Este tipo de trituradoras tienen la particularidad de producir un material con aspecto cubico logrando una alta reducción de su tamaño. Los elementos que conforman este tipo de trituradoras son limitados como una carcasa de placa de acero encontrándose en su interior un eje y un conjunto rotor³³.

Figura 4. Trituradora de impactos



Fuente: METSO. Manual de trituración y cribado Metso. Catalogo No. 2051-12-08-CBL/Tampere-Español. Finlandia: 2008. 3-1 p. Disponible en: <https://pdfslide.net/documents/manual-de-trituracion-y-cribado-metsopdf.html>

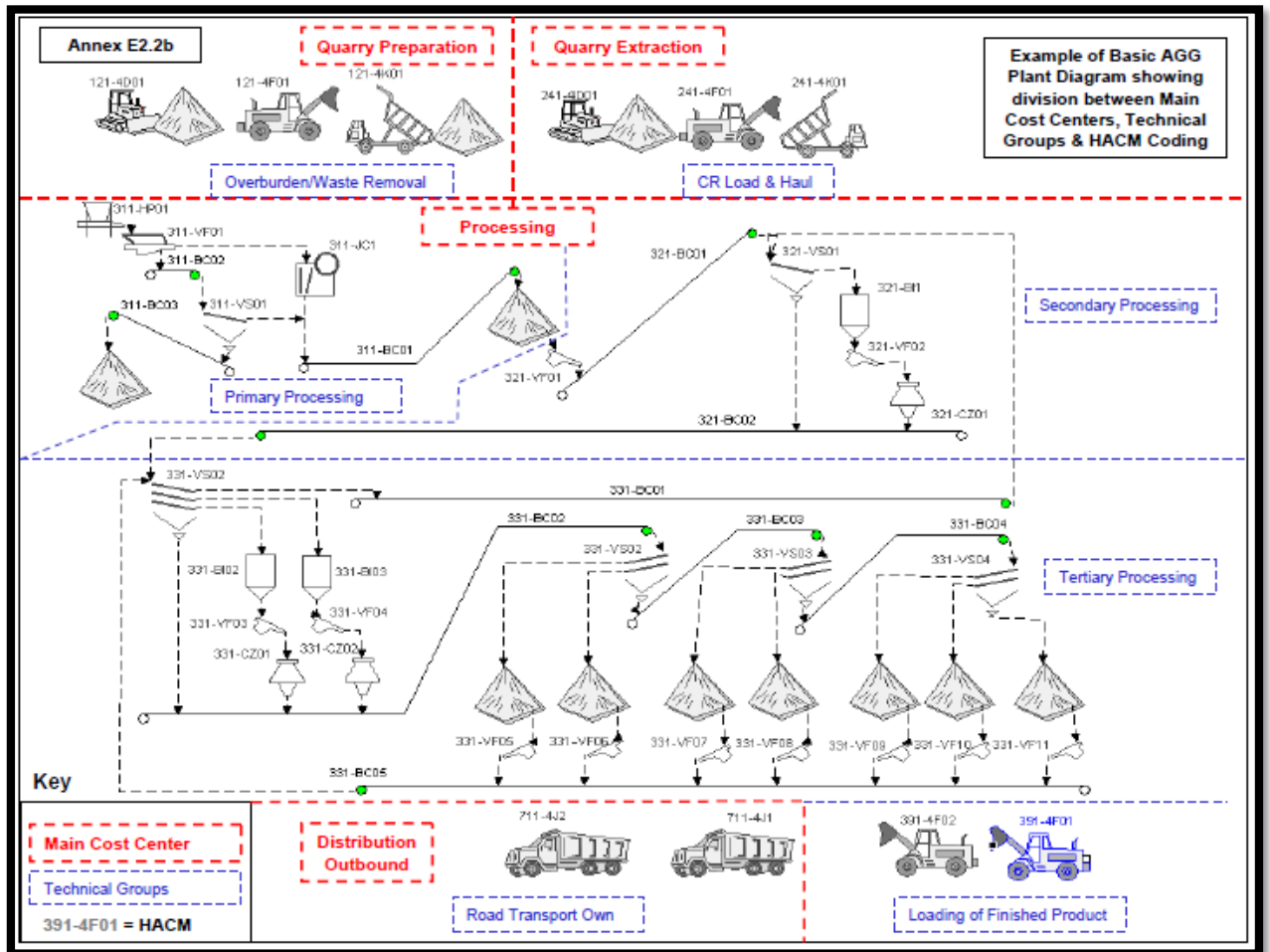
³³ Ibid., 3-2 p.

4 DESCRIPCIÓN DE PROCESO Y EQUIPOS

4.1 PROCESO DE TRITURADO HOLCIM

La producción de agregados en la nueva planta de Holcim, va a seguir el proceso representado en la figura 5. A continuación, se expondrá el paso a paso del mismo.

Figura 5. Proceso de producción planta de agregados.



Fuente: HAC MANUAL – HOLCIM ASSET CODE ENERO 2014 VERSION 4

4.1.1 Preparación y Extracción de Cantera

Es el proceso mediante el cual se realiza la explotación de la mina y es regulado por el código de minas ley 685 de 2001, en el proceso de la planta de Holcim se realizará por parte de un contratista, el deberá encargarse del proceso de descapote, y explotación de la piedra la cual deberá ser entregada al proceso en un tamaño máximo de $600mm^{234}$.

4.2 PROCESAMIENTO

4.2.1 Procesamiento Primario

El procesamiento primario inicia en el momento en el que el operador minero entrega en patio el producto extraído de la mina y según el tamaño de piedra acordado con el operador se procede a pasar por la trituradora de mandíbulas fija, el cual es un equipo móvil que se presentará más adelante en este documento, luego del paso por este equipo y por las características del material se procede a realizar el paso del material por una clasificadora o scalper equipo también móvil cuyo objeto es de este proceso es conseguir limpieza de material y retirar al máximo la cantidad de finos con el que viene de la mina, y finalizando este proceso se transporta al lugar de acopio para el proceso secundario³⁵.

4.2.2 Procesamiento Secundario y Terciario.

Este proceso inicia con el descargue en tolva del material procedente del proceso primario, se realizará por medio de conos de triturado y su proceso de trasporte después del ingreso a tolvas principales es por medio de bandas de transporte un

³⁴ COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 685. (15, agosto, 2001). Por la cual se expide el código de minas y se dictan otras disposiciones. Disponible en: http://portal.anla.gov.co/sites/default/files/leyes/ley_0685_150801.pdf

³⁵ Ibid

total de dieciocho bandas, y finalmente obtener de este proceso mezclas de productos para vías (bases, sub-bases), y materiales para la fabricación de concreto mezclado grava común de 1" y gravas finas o de ½", y finalmente con la separación de finos obtener arena triturada³⁶.

4.3 DESCRIPCION DE EQUIPOS

A continuación, se describen los equipos que hacen parte de la línea de triturado y clasificación de la planta de agregados de Holcim Colombia S.A, estos equipos son adquiridos por la compañía para el montaje de la planta y su totalidad son nuevos, por tal motivo no contamos con historial de fallas. Adicionalmente, en su mayoría son equipos de origen y fabricación china, todos los equipos presentados serán analizados debido a que no se cuenta con un backup o respaldo de los mismos y cualquier tipo de falla incurriría en una parada de la planta³⁷.

4.3.1 Trituradora de Mandíbula

La trituradora de Mandíbula marca Terex serie J-1175 es un equipo de origen irlandés diseñado para la trituración de piedra, de fácil transporte ya que cuenta para su traslación con un sistema de orugas, y trae posibilidad de colocar pulverizadores para supresión de polvo, viene equipada con un motor de combustión interna tipo diésel marca Caterpillar serie C9, su forma de triturado es por medio de mandíbulas la cual se puede observar en la figura 6³⁸.

Dentro de sus características principales se encuentran las siguientes³⁹:

- Cámara de triturado de alta resistencia

³⁶ Ibid

³⁷ Ibid

³⁸ TEREX FINLAY. Manual de funcionamiento JAW CRUSHER J-1175. 2019.

³⁹ TEREX FINLAY. J-1175. [sitio web]. España: [Consultado 5 de agosto de 2020]. Disponible en: <https://www.terex.com/finlay/es/product/jaw-crushers/j-1175>

- Velocidad variable en la alimentación y en la cámara de triturado
- Trasmisión hidrostática que garantiza controles precisos además de movimiento inverso para eliminar atascamientos lo cual permite utilizar el equipo para demolición y reciclaje.
- Ajuste totalmente hidráulico.

Figura 6. Trituradora de mandíbula Terex J-1175.



Fuente: Manual de Funcionamiento Terex J-1175 mayo de 2019 Revisión 6,4.

4.3.2 Clasificadora Scalper

La precriba o escalper marca terex serie 883+ es un equipo de origen irlandés diseñado para la preselección de material, cuenta con una capacidad de hasta 600 toneladas hora y se puede alimentar mediante una trituradora primaria móvil o una excavadora⁴⁰.

Figura 7. Clasificador Terex 883+

⁴⁰ TEREX FINLAY. Manual de funcionamiento máquina de cribado móvil 883+. 2019.



Fuente: Manual de Funcionamiento Terex 883+ Septiembre de 2019 Revisión 3,3.

4.3.3 Cargador Frontal

El cargador frontal sobre llantas marca SDLG referencia LG958F de origen chino es un equipo que cuenta con una pala de acople rápido con capacidad de 3 metros cúbicos y frenos húmedos, cuenta con 4 marchas hacia adelante y hacia atrás y una cabina optimizada con aire acondicionado, y todo el equipamiento requerido para que su operación se bastante confortable, es un equipo con pocos elementos electrónicos a comparación de otras marcas. Equipado con un motor marca Weichai de 217 Hp y cilindrada 9,73 L⁴¹.

Figura 8. Cargador frontal LG958F.



Fuente: DISAGRO. Cargador de rueda LG958F. [sitio web]. Nicaragua. [Consultado: 5 de agosto de 2020]. Disponible en: <https://disagro.com.ni/cargador-de-rueda-lg958f>

4.3.4 Planta de Trituración Secundaria

⁴¹ SDLG. Cargador frontal. [sitio web]. Latinoamérica: [Consultado 17 de agosto de 2020]. Disponible en: <https://www.sdlgla.com/es/nossos-productos/cargadora-de-ruedas-l958f-2/>

En el proceso de trituración secundaria se contará con una planta de una capacidad de producción aproximada de 320 toneladas por hora de origen chino marca SANME la cual se compone de bandas de transporte, conos de trituración secundarios y terciarios, zarandas o clasificadoras, un elevador de cangilones, un powder separator, y detectores de metales.

Figura 9. Bandas de transporte.



Fuente: DISMET. La importancia de los rodillos/ polines en transportadores de banda. [sitio web]. Bogotá [Consultado: 10 de agosto del 2020]. Disponible en: <https://www.dismet.com/la-importancia-de-los-rodillospolines-en-los-transportadores-de-banda/>

Se contará con dieciocho bandas de transporte de material desde el descargue de las tolvas principales hasta la entrega de producto terminado, dichas bandas funcionaran a través de motores eléctricos en su totalidad.

4.3.5 Conos de Trituración

Se cuenta con dos conos de trituración secundaria y un cono de trituración terciaria de referencia SMS 3000C y SMS 3000M respectivamente, los cuales como características principales expuesta por el fabricante son las siguientes⁴²:

- Tecnología Avanzada

⁴² SANME. Trituradora de cono serie SMS. [sitio web]. China. [Consultado: 20 de agosto de 2020]. Disponible en: <http://es.sanmecrusher.com/products/crusher/sms-cone-crusher.html>

- Mejor forma en el producto terminado y más estable
- Fácil operación, ajuste e instalación
- Capacidad alta de producción y bajo consumo de energía

Figura 10. Trituradora de cono.



Fuente: SANME. Trituradora de cono serie SMS. [sitio web]. China. [Consultado: 20 de agosto de 2020].
 Disponible en: <http://es.sanmecrusher.com/products/crusher/sms-cone-crusher.html>

4.3.6 Zarandas-Clasificadoras

Se tiene un total de cuatro zarandas similares a la de la anterior imagen y de las siguientes referencias: dos zarandas 3YK2460, una zaranda 2YKH2160, y una zaranda YK1545; algunas características importantes brindadas por el fabricante son⁴³:

- Fuerza de vibración de alto alcance
- Pernos de sujeción de alta resistencia
- Estructura que facilita el mantenimiento
- Pantalla de gran capacidad y alta vida útil

⁴³ SANME. Criba vibratoria circular serie YK. [sitio web]. China. [Consultado: 20 de agosto de 2020].
 Disponible en: <http://es.sanmecrusher.com/products/feeding/Inclined-Vibrating-Screen.html>

Figura 11. Zaranda clasificadora.



Fuente: SANME. Criba vibratoria circular serie YK. [sitio web]. China. [Consultado: 20 de agosto de 2020].
Disponible en: <http://es.sanmecrusher.com/products/feeding/Inclined-Vibrating-Screen.html>

4.3.7 Elevador de Cangilones

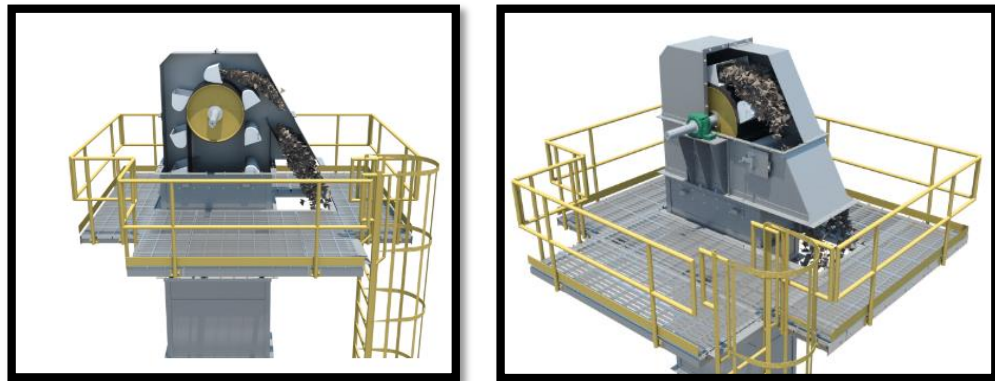
Figura 12. Elevador de cangilones



Fuente: DISMET. Elevador de cangilones. [sitio web]. Bogotá. [Consultado: 20 de agosto de 2020]. Disponible en: <https://www.dismet.com/productos/elevador-de-cangilones/>

Es un elevador que funciona por descarga centrifuga el cual en el proceso de la planta está ubicado verticalmente como se muestra en la anterior imagen, su función es transportar material a granel y depositarlos en la parte superior como lo podemos observar en la figura 13.

Figura 13. Partes internas elevador de cangilones



Fuente: DISMET. Elevador de cangilones. [sitio web]. Bogotá. [Consultado: 20 de agosto de 2020]. Disponible en: <https://www.dismet.com/productos/elevador-de-cangilones/>

4.3.8 Powder Separator

Separador de polvo (powder separator) se tendrá como parte del proceso para dar tratamiento a la arena producida en el proceso de triturado y con el fin de separar los productos más finos a continuación, algunas características y ventajas del separador según fabricante⁴⁴:

- Diseño optimizado debido al ángulo de rotación de la jaula.
- Alta eficiencia en la separación gracias a su vórtice forzado.
- Las RPM se pueden ajustar debido a su motor de velocidad variable.
- Placa de revestimiento resistente al desgaste.

⁴⁴ SANME. Separador de polvo tosco y fino serie CXFL. [sitio web]. China. [Consultado: 22 de agosto de 2020]. Disponible en: <http://es.sanmecrusher.com/products/feeding/Powder-Separator.html>

Figura 14. Separador de polvo Powder separator.



Fuente: SANME. Separador de polvo tosco y fino serie CXFL. [sitio web]. China. [Consultado: 22 de agosto de 2020]. Disponible en: <http://es.sanmecrusher.com/products/feeding/Powder-Separator.html>

4.3.9 Separador Magnético

Su función en el proceso es identificar y separar materiales metálicos ferromagnéticos y evitar que estos puedan pasar al proceso de triturado y dañar algún otro componente.

Figura 15. Separador magnético.

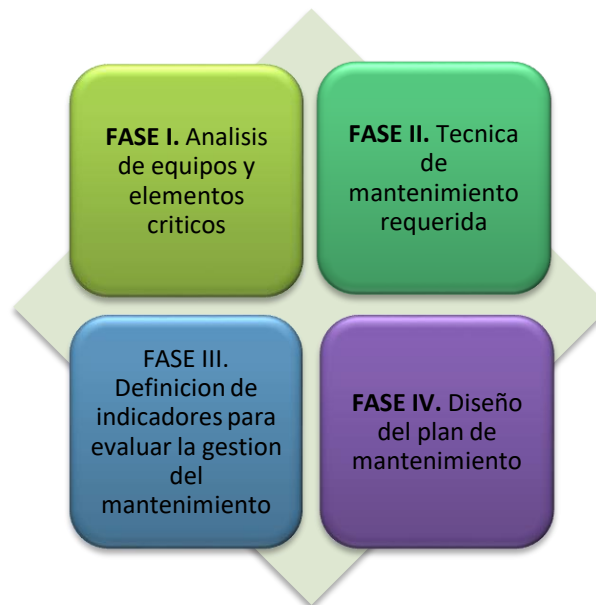


Fuente: SANME. Separador magnético suspendido. [sitio web]. China. [Consultado: 22 de agosto de 2020]. Disponible en: <http://es.sanmecrusher.com/products/feeding/Magnetic-Separator.html>

5 METODOLOGÍA

Este trabajo describe los pasos que se deben tener en cuenta a la hora de implementar el mantenimiento autónomo, para favorecer el cuidado y aumentar la disponibilidad de los equipos pertenecientes a la planta de agregados HOLCIM. El diseño de esta propuesta se desarrolló en cuatro fases:

Figura 16. Fases metodológicas



Fuente: Autores 2020

FASE I. ANALISIS DE CRITICIDAD

Teniendo en cuenta la descripción de los equipos realizada en el capítulo anterior, se define realizar un análisis de criticidad sobre los 34 equipos que se identificaron en la planta de agregados de Holcim, mediante esta metodología se pretende definir su importancia en el proceso y así establecer la mejor estrategia de mantenimiento.

FASE II. TÉCNICA DE MANTENIMIENTO REQUERIDA

Para el desarrollo de esta fase se tuvo en cuenta los conceptos y definiciones descritas en el capítulo 3 del presente documento los cuales hacen referencia al mantenimiento autónomo como pilar del TPM.

FASE III. DEFINICION DE INDICADORES PARA EVALUAR LA GESTION DEL MANTENIMIENTO.

Esta fase tuvo como base los documentos generados a nivel del grupo LAFARGEHOLCIM para definir cuáles de los indicadores resultan ser los más apropiados para la aplicación en la nueva planta de agregados.

FASE IV. DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

Se tomará como base el concepto planteado de mantenimiento planeado para desarrollar una propuesta para los equipos que hacen parte de la trituración primaria y secundaria de la nueva planta de agregados de HOLCIM.

6 DESARROLLO DE LA PROPUESTA

A continuación, se presenta el desarrollo de la propuesta del plan de mantenimiento para la planta de agregados HOLCIM S.A. con base en las fases propuestas.

6.1 FASE I. ANÁLISIS DE CRITICIDAD

En la primera fase del presente trabajo se realizó un análisis con el objetivo de identificar los equipos que presentan un mayor índice de criticidad en la planta de agregados Holcim. Para tal propósito se utilizó la metodología de análisis de criticidad en 34 equipos pertenecientes a la planta.

El análisis de criticidad es una metodología que tiene como propósito seleccionar los procesos, sistemas y equipos de mayor influencia para la empresa, permitiendo obtener una visión más clara que conduzca a escoger las mejores alternativas para disponer los recursos de manera eficiente y enfocándolos a los puntos que requieran incrementar la fiabilidad operacional, según los criterios acordes al estado actual⁴⁵.

$$\textit{Criticidad total} = Ff * C$$

Dónde:

$Ff = \textit{frecuencias de falla.}$

$C = \textit{Consecuencia} = (IO * Fo) + CM + IMS \textit{ y MA}$

Dónde:

⁴⁵ SALAMANCA JAIMES, Jesus; VELAZCO OCHOA., Jesus y ACEVEDO CAMACHO, Eduar. Análisis de criticidad y arboles de diagnóstico de fallas para transformadores de potencia. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada*. 2015, Vol. 1, nro. 27. pp. 104-111. ISSN 1692-7257.

IO = Impacto opercaional.

Fo = Flexibilidad operacional.

CM = Costo de mantenimiento.


IMS y MA = Impacto en seguridad y medio ambiente.

Tabla 2. Ponderaciones para el análisis de criticidad.

PONDERACIONES PARA ANALISIS DE CRITICIDAD	
FRECUENCIA DE FALLA	
CUAL ES LA FRECUENCIA DE LAS FALLAS/MES?	
Mayor a 3 Fallas/mes	4
Entre 2-3 Fallas/mes	3
Entre 1-2 Fallas/mes	2
Igual o menor a 1 Falla/mes	1
IMPACTO EN LA PRODUCCIÓN	
CUAL ES EL IMPACTO EN LA PRODUCCION?	
Parada total de la planta	4
Parada de sistema o subsistemas	3
Impacto a nivel de calidad e inventario	2
No genera impacto en calidad y producción	1
IMPACTO EN HSE	
QUE IMPACTO GENERA EN HSE?	
Lesiones incapacitantes mayores a 30 días y/o afectación al medio ambiente	4
Lesiones incapacitantes entre 1 y 30 días	3
Lesiones leves sin incapacidad	2
No hay riesgo para la salud	1
COSTO DE REPARACION	
CUANTO CUESTA REPARAR EL EQUIPO?	
Mayor a 50.000 USD	4
Entre 25.000-50.000 USD	3
Entre 15.000-25.000 USD	2
Menor a 15.000 USD	1
TIEMPO DE REPARACION	
CUANTO TIEMPO TARDA LA REPARACIÓN?	
Mas de 12 horas	4
Entre 6 y 12 horas	3
Entre 3 y 6 horas	2
Menos de 3 horas	1
TIEMPO DE OPERACIÓN	
CUAL ES EL TIEMPO DE OPERACIÓN?	
Totalmente	4
Turno de 8 horas	3
Turno de 4 horas	2
Ocasionalmente	1

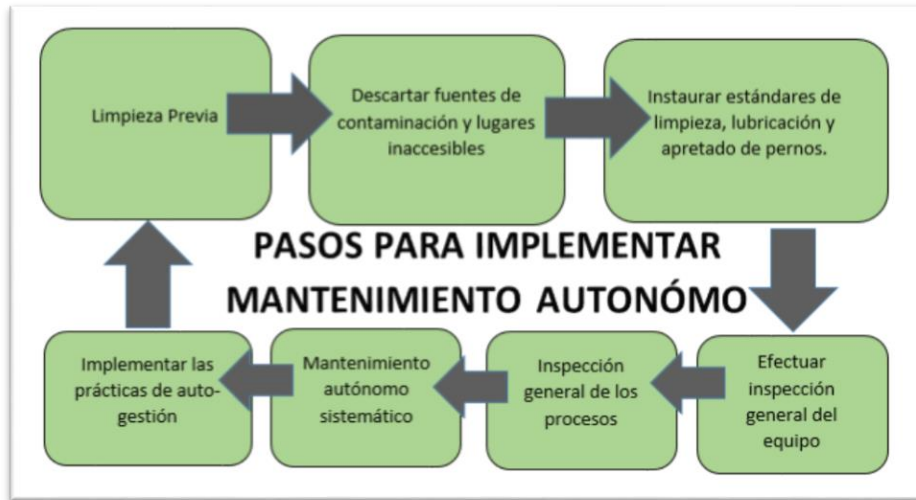
Fuente: Autores 2020

Tabla 3. Análisis de criticidad de equipos planta de agregados.

	ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE EQUIPOS PLANTA DE AGREGADOS							
	NOMBRE DE EQUIPO	FRECUENCIA DE FALLA	IMPACTO EN LA PRODUCCIÓN	IMPACTO HSE	COSTO DE REPARACIÓN	TIEMPO DE REPARACIÓN	TIEMPO DE OPERACIÓN	CONSECUENCIA DE FALLA
TRITURADORA TEREX J-1175	4	4	3	1	3	4	15	60
SCALPER TERX 883+	4	4	3	1	3	4	15	60
CARGADOR SDLG 349 #1	3	3	2	1	2	4	12	36
CARGADOR SDLG 350 #2	3	3	2	1	2	4	12	36
CONO SANME SMS 3000C	3	4	3	2	4	4	17	51
CONO SANME SMS 3000M	3	4	3	2	4	4	17	51
Zaranda 3YK2460 #1	2	4	3	1	3	4	15	30
Zaranda 3YK2460 #2	2	4	3	1	3	4	15	30
Zaranda 2YKH2160	2	4	3	1	3	4	15	30
Zaranda YK1545	2	4	3	1	3	4	15	30
Banda 09 Salida Tolva	3	4	3	2	4	4	17	51
Banda 10 Grueso a Tolva cono	3	4	3	2	4	4	17	51
Banda 11 Fino zaranda 2YK2160	3	3	3	1	2	4	13	39
Banda 12 Recepcion cono sec. Alime. Zara. 2	3	3	3	1	2	4	13	39
Banda 13 Retorno	3	3	3	1	2	4	13	39
Banda 14 Recepcion cono ter. Alime. Zara. 3	3	4	3	1	2	4	14	42
Banda 15	3	4	3	1	2	4	14	42
Banda 17	3	4	3	1	2	4	14	42
Banda 18	3	4	3	1	2	4	14	42
Banda 19	3	4	3	1	2	4	14	42
Banda 20 (Desc. criba prod term. 1)	3	4	3	1	2	4	14	42
Banda 20 (Desc. criba prod term. 2)	3	4	3	1	2	4	14	42
Banda 21	3	4	3	1	2	4	14	42
Banda 22	3	4	3	1	2	4	14	42
Banda 23	3	4	3	1	2	4	14	42
Banda 24	3	4	3	1	2	4	14	42
Banda 25 (Prod. 13 mm)	3	4	3	1	2	4	14	42
Banda 25 (Prod. 25 mm)	3	4	3	1	2	4	14	42
Separador magnetico 1	2	2	2	1	3	4	12	24
Separador magnetico 2	2	2	2	1	3	4	12	24
Detector de metales 1	2	2	2	1	3	4	12	24
Detector de metales 2	2	2	2	1	3	4	12	24
Elevador de cangilones	2	4	3	1	4	4	16	32
Powder separator	2	4	3	1	4	4	16	32

Fuente: Autores 2020

Figura 18. Pasos para implementar el mantenimiento autónomo.



Fuente: Elaboración propia, con base en (NAKAZATO, Koichi. *Mantenimiento autónomo*. En: Japan Institute of plant Maintenance. SOCHY KOGYONO. *TPM en industrias de proceso*. España: Editado por Tokutaro Susuki, 1995, 102 p. ISBN 84-87022-18-9

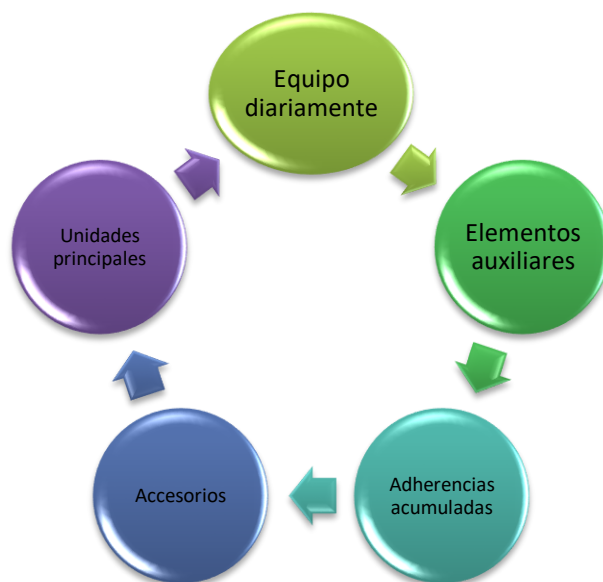
6.2.1 Paso 1. Limpieza Inicial

Para llevar a cabo este primer paso es necesario desarrollar las siguientes actividades:

Es necesario que los operarios tengan en cuenta cada parte del equipo y se realice de manera continua con el fin de evitar acumulación de contaminantes, de esta manera las posibles fallas se pueden detectar a tiempo, la limpieza requiere de una persona que observe cada detalle del equipo no solo al finalizar su trabajo durante el día, si no con una periodicidad constante⁴⁶.

⁴⁶ NAKASATO. Op.cit., p. 104.

Figura 19. Zonas de limpieza diaria.



Fuente: Autores 2020

DESCUBRIR ANORMALIDADES

Es necesario que se capacite a los operarios con el fin de que conozcan los equipos en profundidad y puedan identificar las anomalías que el equipo presente⁴⁷. A continuación, se presentan los siete tipos de anomalías que se deben tener a consideración y algunos ejemplos.

Tabla 4. Ejemplos de descubrimiento de las 7 anomalías.

1. PEQUEÑAS DEFICIENCIAS	
Anormalidad	Ejemplos
Contaminación	Polvo, suciedad, Partículas, Aceite, Grasa, Pintura
Daños	Fisuras, Aplastamientos, Deformaciones
Holguras	Sacudidas, Ladeos, exceso de recorrida, excentricidad
Flojedad	Cintas, cadenas

⁴⁷ Ibid., p 105.

Fenómenos Anormales	Ruido inusual, vibración, sobrecalentamiento, olores extraños.
Adhesión	Bloqueos, agarrotamiento, acumulación de partículas

2. INCUMPLIMIENTO DE LAS CONDICIONES BASICAS	
Anormalidad	Ejemplos
Lubricación	Insuficiente, suciedad, inapropiada
Suministro de lubricante	Daños, suciedad, puertas de lubricación deformadas
Indicadores del nivel de aceite	Suciedad, daños, fugas; no indican el nivel correcto
Apretado	Tuercas y pernos: Holguras, omisiones, pasados de rosca.

3. PUNTOS INACCESIBLES	
Anormalidad	Ejemplos
Limpieza	Cubiertas, disposición, espacio, apoyos.
Chequeo-inspección	Cubiertas, disposición, posición, orientación de instrumentos.
lubricación	Posición de la entrada del lubricante, altura, apoyos.
Apretado de Pernos	Cubiertas, disposición, tamaño, apoyos
Operación	Disposición de máquina: posición de válvulas, conmutadores
Ajustes	Posición de indicadores de presión, termómetros, indicadores de humedad.

4. FOCOS DE CONTAMINACIÓN	
Anormalidad	Ejemplos
Producto	Fugas, derrames, chorros, dispersión, exceso de flujo.
Primeras materias	Fugas, metales, chorros, dispersión, exceso de flujo.
Lubricantes	Fugas, derrames, infiltraciones, fluidos hidráulicos.
Gases	Fugas de aire comprimido, gases, vapor, humos de exhaustación.
Líquidos	Fugas, vertidos y chorros de agua fría, desperdicio de agua.
Desechos	Chispas, recortes, materiales de embalaje y producto no conforme

5. FUENTES DE DEFECTOS DE CALIDAD	
Anormalidad	Ejemplos
Materias extrañas	Inclusión, infiltración y arrastre de óxido, insectos.
Golpes	Vibraciones, caídas, colisiones.
Humedad	Infiltración, demasiada, poca
Tamaño de grano	Anormalidades en tamices, separadores centrífugos o de aire comprimido.

Concentración	Agitación, composición, mezcla, calentamiento inadecuado.
Viscosidad	Calentamiento inadecuado, agitación, composición, mezcla, evaporización.

6. ELEMENTOS INNECESARIOS	
Anormalidad	Ejemplos
Maquinaria	Compresores, columnas, tanques, bombas.
Tuberías	Válvulas, mangueras, amortiguadores, conductos.
Instrumentos de medida.	Amperímetros, Indicadores de presión, de vacío.
Equipo eléctrico	Tubería, cableado, conectores de alimentación.
Plantillas y herramientas	Herramientas de corte, moldes, herramientas generales.
Piezas de repuesto	Stocks permanentes, materiales auxiliares, repuestos.
Reparaciones provisionales	Fibras, chapa, cinta.

7. LUGARES INSEGUROS	
Anormalidad	Ejemplos
Suelos	Rampas, fisuras, elementos que sobresalen, desgastes (placas de cubierta).
Pasos	Irregulares, demasiado inclinadas, corrosión.
Luces	Oscuras, sucias o pantallas rotas, mala posición.
Maquinaria rotativa	Sin mecanismos de seguridad, cubiertas rotas o caídas, desplazadas.
Dispositivo de levantamiento	Herramientas de corte, moldes, herramientas generales.
otros	Gases tóxicos, señales de peligro, disolventes.

Fuente: Elaboración propia, con base en (NAKAZATO, Koichi. *Mantenimiento autónomo*. En: Japan Institute of plant Maintenance. SOCHY KOGYONO. *TPM en industrias de proceso*. España: Editado por Tokutaro Susuki, 1995, 106 p. ISBN 84-87022-18-9

Muestra de hoja de lección de un punto

Se implementan tarjetas de colores para identificar las anomalías depende de la persona quien las identifique ya sea el operario, el departamento de mantenimiento, estas describen, la persona que localizo la anomalía, su descripción. Estas tarjetas son útiles para exponer las deficiencias que se presentan en los equipos, con el fin de que en las reuniones los colegas, supervisiones,

departamento de mantenimiento, busquen soluciones de manera conjunta a dichas anomalías⁴⁸.

Figura 20. Tarjeta para indicar anomalías.

TM
Mantenimiento
Autónomo

Paso 1 2 3 4

TARJETA (COLOR)
(SEGÚN
QUIEN ENCUENTRA)

LUGAR DE ANORMALIDAD

EQUIPO MODELO: _____

NUMERO CONTROL: _____

FECHA: _____

ENCONTRADO POR: _____

DESCRIPCIÓN

Blancas o verdes
para problemas que
los operarios
pueden manejar

Departamento de
mantenimiento

Fuente: Elaboración propia, con base en (NAKAZATO, Koichi. *Mantenimiento autónomo*. En: Japan Institute of plant Maintenance. SOCHY KOGYONO. *TPM en industrias de proceso*. España: Editado por Tokutaro Susuki, 1995, 108 p. ISBN 84-87022-18-9

LUBRICACIÓN⁴⁹

Este paso es muy importante pues evita el desgaste del equipo y asegura un buen funcionamiento, este permite la precisión y la reducción de fricción, sin embargo,

⁴⁸ Ibid., p 107.

⁴⁹ Ibid., p 109.

esta es una de las tareas que poco se realiza constantemente, estas son algunas de las causas.

- El operario supone que como la maquina lleva funcionando de manera adecuada por mucho tiempo sin realizar un cambio de aceite, este no necesita hacerse constantemente.
- Los operarios no son capacitados en cuanto a la importancia y las dificultades que puede traer el usar un lubricante no apropiado.
- El utilizar diferentes lubricantes también puede causar problemas y adicionalmente no se llega a los lugares de difícil acceso.
- No todos los mecanismos de lubricación son confiables.
- La mayoría de veces no se cuenta con estándares de lubricación o son complicados de aplicar.

Para evitar los problemas anteriormente descritos es necesario que se implementen buenas prácticas como:

- Mediante lecciones de punto único instruir al personal sobre el beneficio de la lubricación
- Lubricar constantemente las partes que lo requieran
- Sustituir los lubricantes contaminados
- Limpiar y lubricar aquellas piezas con movimiento
- Tener los cuidados necesarios para tener las entradas del lubricante e instrumentos que señalan su nivel.
- Constatar que los mecanismos de lubricación automática se encuentran en óptimas condiciones.

RETORQUEO Y APRIETE

Todos los equipos están compuestos por diferentes elementos y para que en su conjunto funcionen de manera adecuada es necesario que se encuentren ajustados por medio de tuercas, pernos y tornillos, si alguno de estos se afloja puede generar vibraciones que a su vez desequilibraran otras partes y causaran el desgaste⁵⁰.

6.2.2 Paso 2. Eliminar las Fuentes de Contaminación y Puntos Inaccesibles

En este paso los operarios se deben enfocar en las mejoras, si bien el paso uno consiste en realizar detalladamente la limpieza, el paso dos trata de buscar alternativas que sean eficaces para efectuar la limpieza, chequeo y lubricación en el menor tiempo⁵¹.

Se deben realizar las siguientes tareas de mejora:

Figura 21. Tareas de mejora.



Fuente: Elaboración propia, con base en (NAKAZATO, Koichi. *Mantenimiento autónomo*. En: Japan Institute of plant Maintenance. SOCHY KOGYONO. *TPM en industrias de proceso*. España: Editado por Tokutaro Susuki, 1995, 112 p. ISBN 84-87022-18-9

⁵⁰ Ibid., p 109.

⁵¹ Ibid., p 111.

MEJORAR ACCESIBILIDAD PARA REDUCIR EL TIEMPO DE TRABAJO

Cuando a los equipos se les haga las mejoras a veces el trabajo se puede tornar riesgoso, lo importante es realizar las actividades bajo circunstancias optimas mediante limpieza, chequeo y lubricación convirtiéndolo en tareas sencillas, rápidas, seguras y efectivas. Para lograrlo se deben efectuar algunas actividades de mejora como⁵²:

REDUCIR LOS TIEMPOS DE LIMPIEZA

Las tareas de limpieza se deben simplificar para ponerlas a prueba mediante un test bajo un estándar provisional, para facilitar una revisión rápida que permita eliminar focos de contaminación, posibilitar la limpieza de los lugares a donde es difícil llegar, o idear elementos que permitan realizar la limpieza de una manera adecuada⁵³.

REDUCIR LOS TIEMPOS DE CHEQUEO

Es importante crear una lista de chequeo que conste de breves actividades que contengan imágenes. Los operarios realizaran una prueba para inspeccionar las distintas partes dentro de los tiempos establecidos y a su vez realizar aportes encaminados a mejoras⁵⁴.

SIMPLIFICAR LAS TAREAS DE LUBRICACIÓN

Tener un control de los tipos de lubricantes que se deben utilizar, mejorar las prácticas de lubricación manual y prevenir que se contaminen a la hora de suministrar el lubricante⁵⁵.

⁵² Ibid., p 113.

⁵³ Ibid., p 113.

⁵⁴ Ibid., p 113.

⁵⁵ Ibid., p 114.

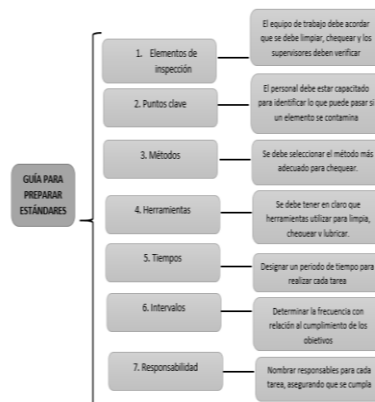
6.2.3 Paso 3. Estándares de Limpieza e Inspección⁵⁶

Con regularidad el departamento de mantenimiento diseña e implementa listas de chequeo para que sean diligenciadas por los propios operarios y de esta manera realizar un control. Sin embargo, hay algunas dificultades para que esto se pueda cumplir donde la mayoría de operarios expresan:

- No saben el motivo del por qué hacer chequeos.
- No saben cómo realizar de manera adecuada el chequeo.
- Cumplir con los estándares del chequeo lleva de tiempo.
- Algunos de los puntos de las listas de chequeo no se pueden completar ya que los equipos tienen ciertos puntos altos.

Es así como debe existir una relación entre lo que exponen los operarios y lo que sugieren los del departamento de mantenimiento, de esta manera las listas de chequeo deberán ser diseñadas de manera didáctica pero completa con el fin de facilitar el trabajo de los operarios.

Figura 22. Guía para preparar estándares.



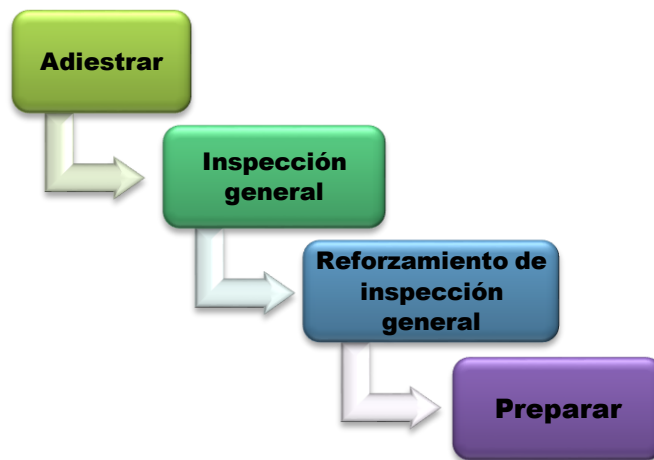
Fuente: Elaboración propia, con base en (NAKAZATO, Koichi. *Mantenimiento autónomo*. En: Japan Institute of plant Maintenance. SOCHY KOGYONO. *TPM en industrias de proceso*. España: Editado por Tokutaro Susuki, 1995, 116 p. ISBN 84-87022-18-9

⁵⁶ Ibid., p 115.

6.2.4 Paso 4. Realizar Inspección General Del Equipo

La mayoría de las empresas limitan a los operarios a realizar tareas mediante el seguimiento de instrucciones, sin tener en consideración las capacitaciones enfocadas a tener un conocimiento más detallado sobre el funcionamiento de sus equipos⁵⁷.

Figura 23. Procedimiento para realizar programa de inspección general.



Fuente: Elaboración propia, con base en (NAKAZATO, Koichi. *Mantenimiento autónomo*. En: Japan Institute of plant Maintenance. SOCHY KOGYONO. *TPM en industrias de proceso*. España: Editado por Tokutaro Susuki, 1995, 122 p. ISBN 84-87022-18-9

Tabla 5. Explicación de procedimiento inspección general.

PREPARAR	ADIESTRAR	INSPECCIÓN GENERAL	REFORZAMIENTO DE INSPECCIÓN GENERAL
Instaurar los temas de inspección general	Capacitar a los líderes de grupos.	Llevar a cabo inspección general.	Auto evaluar
Organizar materiales de información	Organizar la información según el trabajo de grupo.	Hacer reuniones grupales con el fin de planificar y tomar decisiones	Realizar auditorias
Planificar la información	Capacitar a los miembros del grupo	Corregir anomalías	Plantear soluciones a determinadas áreas.

Fuente: Elaboración propia, con base en (NAKAZATO, Koichi. *Mantenimiento autónomo*. En: Japan Institute of plant Maintenance. SOCHY KOGYONO. *TPM en industrias de proceso*. España: Editado por Tokutaro Susuki, 1995, 122 p. ISBN 84-87022-18-9

⁵⁷ Ibid., p 117.

LA PRÁCTICA DE LA FORMACIÓN EN INSPECCIÓN GENERAL

El trabajo en equipo es de gran importancia, por ello es necesario crear un programa de formación donde se capaciten todos los miembros del equipo incluidos los líderes, es así como se llegan a acuerdos, se distribuyen tareas y reparten responsabilidades los líderes de cada grupo además de brindar información y capacitar al personal, deberá preparar material didáctico que trate temas específicos de cada equipo de manera clara y sencilla, estas reuniones buscan mejorar la eficacia de los operarios en tiempos ya preestablecidos y evitar el deterioro de los equipos realizando la inspección general de cada parte de los equipos⁵⁸.

6.2.5 Paso 5. Inspección General del Proceso

Lo operarios deben estar en la capacidad de realizar ajustes y ser puntuales en el manejo de los materiales y su debido uso, esto con el fin de evitar pérdidas y aumentar la fiabilidad de los equipos. No obstante, las empresas son descuidadas al momento de brindarles la oportunidad de adquirir nuevas destrezas mediante una buena formación, limitando al personal a desarrollar tareas operacionales monótonas como pulsadores de botones⁵⁹.

El objetivo de este paso es involucrar a los operarios en los procesos y operaciones, capacitándolos para obtener personas idóneas, los cuales puedan desarrollar tareas encaminadas a mantener la fiabilidad operacional y seguridad de sus máquinas aplicando métodos que faciliten las inspecciones generales⁶⁰.

⁵⁸ Ibid., p 124.

⁵⁹ Ibid., p 125.

⁶⁰ Ibid., p 126.

6.2.6 Paso 6. Sistematizar el Mantenimiento Autónomo

Uno de sus propósitos es proporcionar algunos medios estandarizados, que faciliten las tareas de los operarios en pro de un apropiado mantenimiento autónomo donde se vea resaltada la calidad. Se utilizan herramientas como diagramas de flujo de proceso y diagramas fáciles de comprender de la estructura de las máquinas, donde el operario pueda hacer los registros necesarios con base al descubrimiento de anomalías para ser corregidas posteriormente de manera oportuna⁶¹.

6.3 APLICACIÓN DE LA PROPUESTA DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

Teniendo en cuenta la guía expuesta anteriormente se propone para la planta de agregados Holcim tener en cuenta lo siguiente:

6.3.1 Limpieza de Equipos de Triturado Planta Holcim

En los equipos de triturado como ya se presentó anteriormente, se cuenta con la trituradora de mandíbulas Terex J-1175, Clasificadora o Scalper Terex 883+, y Planta de triturado secundario marca SANME para las cuales se propone realizar con especial atención proceso de limpieza en los siguientes componentes.

ORUGAS

Es importante que el operador del equipo mantenga en correcta limpieza las orugas del equipo, ya que esto garantiza que durante la inspección pre operativo se puedan identificar posibles fugas de aceite que afecten la traslación del equipo.

⁶¹ Ibid., p 131.

Fotografía 1. Suciedad en orugas.



Fuente: Autores 2020.

BASTIDOR Y ESTRUCTURA GENERAL

Es importante mantener la estructura, bastidores y pasarelas tanto de lo equipos primarios como de la planta secundaria libres de suciedad, ya que por medio de la inspección diaria pre operativa se pueden identificar fallas como grietas estructurales, fallas en soldadura que se pueden solucionar y evitar algún accidente o daño mayor en el equipo.

Fotografía 2. Suciedad en Bastidor y estructura general.



Fuente: Autores 2020.

MOTORES DE COMBUSTION, HIDRAULICOS Y ELECTRICOS

Se debe mantener una adecuada limpieza de los motores ya que esto permitirá identificar fugas, fallas y en el caso eléctrico evitar que por exceso de contaminantes se aíslen los circuitos y no se tenga una correcta señal, lo cual impediría su correcto funcionamiento.

Fotografía 3. Suciedad en motores.

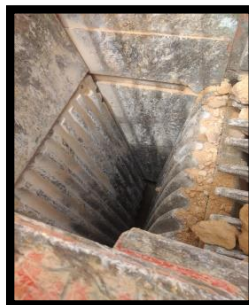


Fuente: Autores 2020.

ALIMENTADORES, BANDAS Y ELEMENTOS DE IMPACTO

La importancia en la limpieza de estos elementos es evitar atascamientos y posibles daños en los elementos por exceso de material abrasivo, así como identificar desgastes y daños prematuros.

Fotografía 4. Alimentador.



Fuente: Autores 2020.

6.4 FASE III. DEFINICION DE INDICADORES PARA EVALUAR LA GESTION DEL MANTENIMIENTO

En el grupo de LafargeHolcim, se han definido una serie de indicadores con el fin de medir el desempeño y así mismo encontrar de una forma rápida y oportuna las diferentes oportunidades de mejora, para esto el grupo se ha basado en la norma europea UNE-EN 15341, y se definen dos tipos de indicadores así:

- KPI: Indicadores Clave de mantenimiento e inicia con la letra (K), estos son unos indicadores cuantificables los cuales se centran en objetivos específicos y a largo plazo⁶².
- SPI: Indicadores de rendimiento del sistema y del proceso e inicia con la letra (S), estos son unos indicadores adicionales y cada área local del grupo los puede definir, es muy importante aclarar que son muy útiles para predecir a corto plazo el rendimiento⁶³.

De acuerdo a todo lo analizado y expuesto en el presente trabajo se sugiere que la planta de agregados de Holcim Colombia S.A inicie con los siguientes indicadores como se presenta a continuación:

S3: Mide la cantidad de órdenes de mantenimiento (OM) atrasadas del tipo PM01 (correctivas) o PM02 (preventivas), es decir, las ordenes que tienen fechas de inicio programado en el pasado y que no se han ejecutado.

$$S3 = \frac{\# \text{ de OM no realizadas con fecha de inicio en el pasado}}{\text{Total de OM con inicio programado en el periodo medido}} * 100$$

⁶² LAFARGE HOLCIM, Suiza 2016

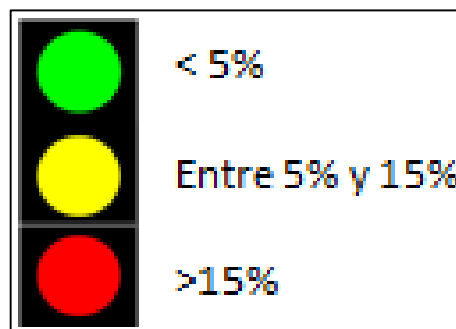
⁶³ Ibid

Para términos de SAP y poder calcular de forma más sencilla.

$$S3 = \frac{OM \text{ con estatus LIB } \neq \text{ NOTI o NOTP y CTEC del periodo}}{\text{Todas las OM con status LIB del periodo visto}} * 100$$

En la siguiente imagen se observa la evaluación del indicador S3 para el periodo en que el resultado este en amarillo o rojo se debe generar una acción de mejora en el sistema integrado de la compañía.

Figura 24. Evaluación del indicador S3.



Fuente: Autores 2020

S5: Mide la cantidad de OM preventivas no realizadas, busca medir los trabajos preventivos no ejecutados, del programa de mantenimiento establecido.

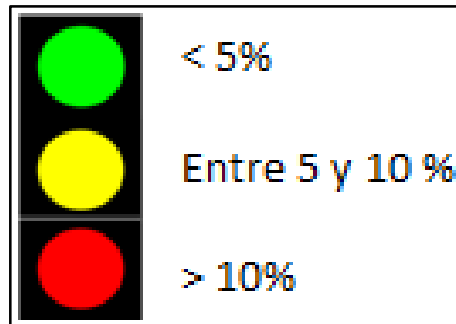
$$S5 = \frac{\# \text{ de OM preventivas NO realizadas}}{\text{Total de OM preventivas}} * 100$$

En términos de SAP y para calcular más fácilmente se tiene:

$$S5 = \frac{OM \text{ PM02 con status LIB } \neq \text{ NOTI o ABIE}}{\text{Total de Ordenes Preventivas PM02}} * 100$$

En la siguiente imagen se observa la evaluación del indicador S5 para el periodo en que el resultado este en amarillo o rojo se debe generar una acción de mejora en el sistema integrado de la compañía.

Figura 25. Evaluación para el indicador S5.



Fuente: Autores 2020.

S7: Mide la cantidad de avisos de mantenimiento creados a los cuales no se les ha dado ningún tipo de tratamiento.

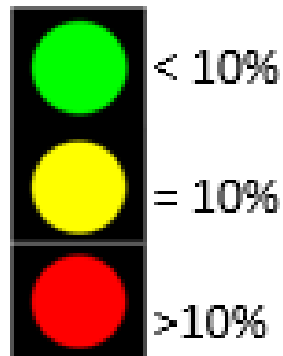
$$S7 = \frac{\# \text{ de avisos no tratados}}{\text{Total de avisos del periodo}} * 100$$

Teniendo en cuenta los términos de SAP se tiene:

$$S7 = \frac{\text{Cantidad de Avisos con status MEAB + METR}}{\text{Total de avisos del periodo}} * 100$$

En la siguiente imagen se observa la evaluación del indicador S7 para el periodo en que el resultado este en amarillo o rojo se debe generar una acción de mejora en el sistema integrado de la compañía.

Figura 26. Evaluación para el indicador S7.



Fuente: Autores 2020.

S12: Mide la cantidad de trabajo no planificado y no programado ejecutado en un periodo de tiempo en porcentaje.

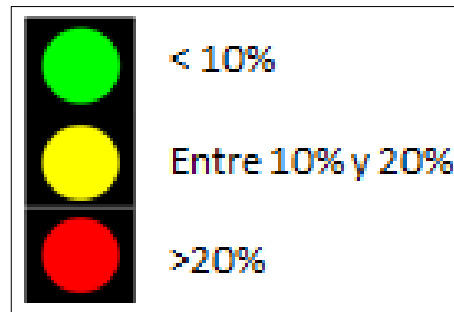
$$S12 = \frac{\# \text{ de Operaciones ejecutadas no incluidas en el plan}}{\text{Total de Operaciones Ejecutadas}} * 100$$

Teniendo en cuenta los mensajes de SAP para calcular el indicador es:

$$S12 = \frac{\text{Operaciones con status 1CRT, NOTI, o NOTP, del periodo}}{\text{Todas la operaciones NOTI o NOTP del periodo}} * 100$$

En la siguiente imagen se observa la evaluación del indicador S12 para el periodo en que el resultado este en amarillo o rojo se debe generar una acción de mejora en el sistema integrado de la compañía.

Figura 27. Evaluación del indicador S12.



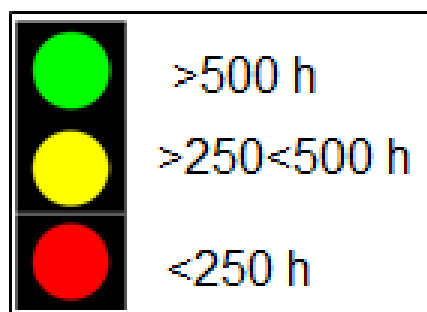
Fuente: Autores 2020

K1: Mide el MTBF (Mean Time Between Failures) tiempo medio entre falla y se calcula de esta forma esta expresado en Horas:

$$K1 = \frac{\textit{Tiempo de operación real}}{\textit{\# de fallas}}$$

En la siguiente imagen se observa la evaluación del indicador K1 para el periodo en que el resultado este en amarillo o rojo se debe generar una acción de mejora en el sistema integrado de la compañía.

Figura 28. Evaluación del indicador K1



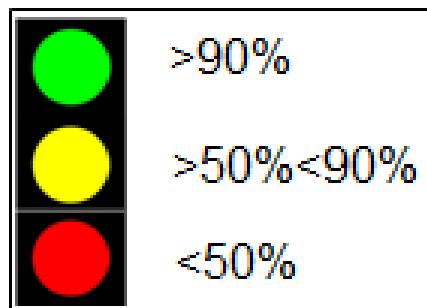
Fuente: Autores 2020

K2: Este indicador busca medir que tan disponibles están los equipos de acuerdo a los requerimientos de producción y solo se tendrá en cuenta el tiempo que el equipo este contemplado para operación.

$$K2 = \frac{\text{Tiempo de operacion (h)} + \text{tiempo de inactividad (h)}}{\text{Tiempo programado para produccion (h)}} * 100$$

En la siguiente imagen se observa la evaluación del indicador K2 para el periodo en que el resultado este en amarillo o rojo se debe generar una acción de mejora en el sistema integrado de la compañía.

Figura 29. Evaluación del indicador K2.



Fuente: Autores 2020

K6: Mide el porcentaje de OM programadas (PM02 y PM01) Cerradas o Notificadas frente al total de las órdenes de trabajo programadas, para evaluar que tanto Mantenimiento Programado se ejecuta.

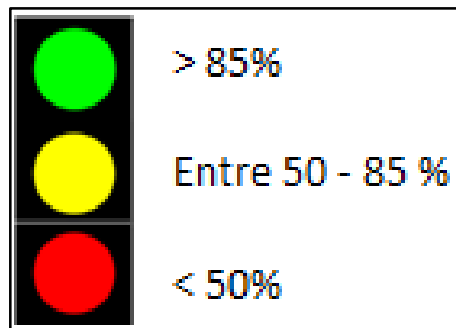
$$K6 = \frac{\#OM NOTIFICADAS}{TOTAL OM PROGRAMADAS} * 100$$

Para calcular se debe tener en cuenta las variables de SAP así:

$$K6 = \frac{OM \text{ con status NOTI, NOTP, CTEC, status usuario 4SCH}}{\text{Todas las OM incluidas en el plan}} * 100$$

En la siguiente imagen se observa la evaluación del indicador K6 para el periodo en que el resultado este en amarillo o rojo se debe generar una acción de mejora en el sistema integrado de la compañía.

Figura 30. Evaluación del indicador K6.



Fuente: Autores 2020

6.5 FASE IV. DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

En esta fase se realizó un diseño de plan de mantenimiento siguiendo algunas de las recomendaciones expuestas en los pasos del mantenimiento autónomo, para ser aplicado en algunos equipos críticos de la planta de agregados Holcim.

TRITURADORA J-1175

Para este equipo el cual ya fue expuesto en este documento se propone realizar una inspección pre operativa diaria o con una periodicidad máxima de 13 horas de trabajo.

Tabla 6. Inspección pre operativa trituradora J-1175.

Generalidades
Acumulación de material que ocasione daño al equipo
Verificar Señales de seguridad faltantes o dañadas
Verificar Sistema de parada de emergencia (se debe accionar en la inspección)
Protecciones de seguridad instaladas en su sitio
Verificar Piezas flojas, tuercas y pernos que faltan, pasarelas, pasamanos y estructura en general
Verificar Nivel de diésel en el depósito
Inspeccionar los gatos de gas
Sistema hidráulico
Verificar mangueras hidráulicas
Respiradero control de contaminación
Verificar humedad o fuga en Cilindros, Bombas y motores hidráulicos
Verificar el nivel de aceite hidráulico
Tolva del alimentador
Verificar Estructura, revestimiento, chasis, muelles
Verificar elementos amortiguadores del tamiz
Verificar placas de desgaste de la tolva
Verificar Nivel de aceite
Verificar pernos de la caja de velocidades
Verificar Amortiguadores de parada de descarte de precriba
Verificar desgaste del tamiz
Precriba
Verificar estado de los muelles
Verificar Perno de sujeción de medio de cribado
Verificar elementos amortiguadores del tamiz
verificar engrase de rodamientos

Fuente: Autores 2020

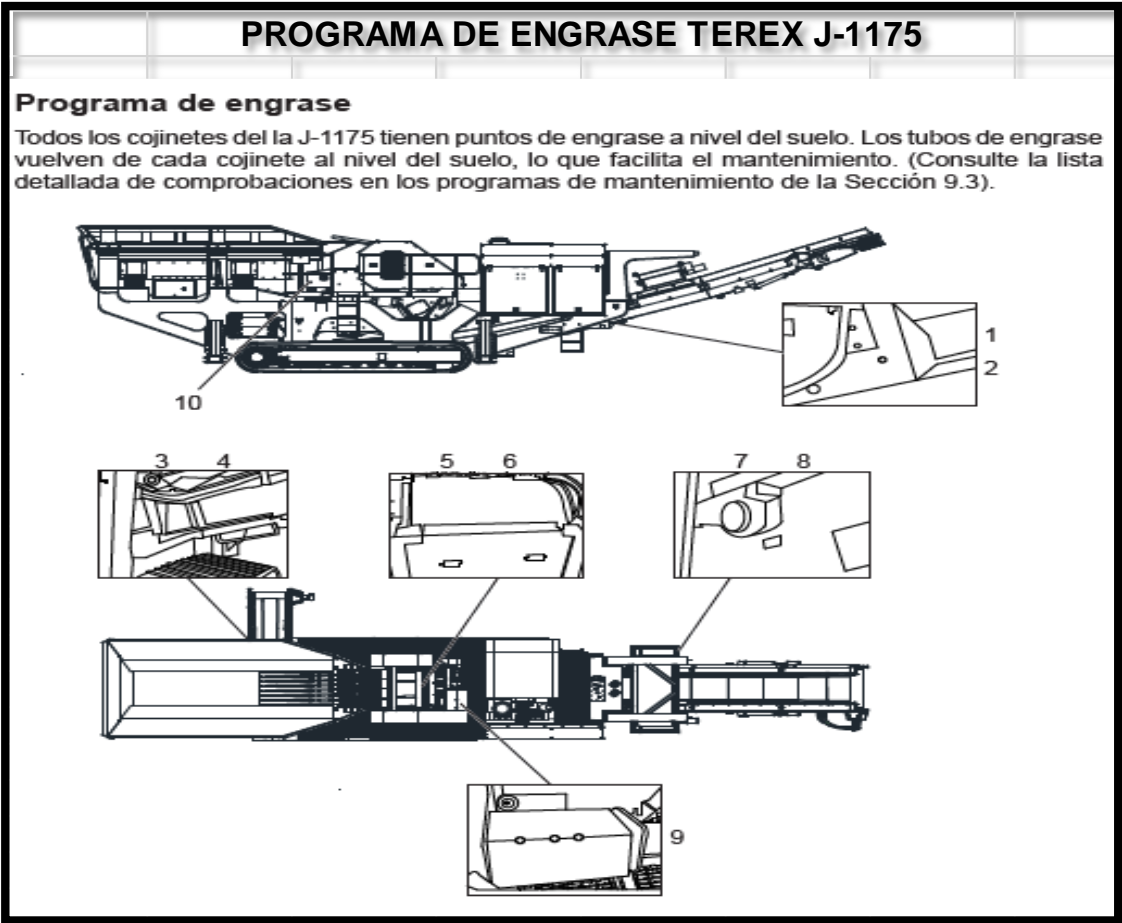
Tabla 7. Inspección pre operativa trituradora J-1175.

Trituradora-Mandibula
Verificar Piezas y Pernos Aflojados
Verificar Correas trapezoidales
Ruido de funcionamiento anómalo (equipo encendido)
Verificar Golpes irregulares
Verificar Estado del vástago de tensión
Verificar Estado de los casquillos de la varilla de presión
Calce de bloqueo de la superficie de la mandíbula; desgaste y deformaciones Comprobar
Movimiento del sistema de ajuste del calce de bloqueo (si procede) Comprobar
Revestimientos superior e intermedio por desgaste
Orugas
Tensión de las cadenas Comprobar
Fugas de aceite Comprobar
Acumulación de material (verificación semanal)
Mantenimiento del motor
Nivel de aceite del motor Comprobar
Nivel del sistema de refrigerante Comprobar
Indicador de servicio del filtro de aire del motor Comprobar
Comprobar el nivel de combustible Comprobar
Correas trapezoidales Comprobar
Radiador Compruebe
Nivel de electrolito de la batería Comprobar
Agua y colector de agua en el depósito de combustible
Correa trapezoidal Comprobar
Equipo accionado por la correa del ventilador
Prefiltro de aire del motor Compruebe
Mangueras y abrazaderas Compruebe
Cintas transportadoras/ imán
Rasgaduras y roturas en las cintas transportadoras comprobar
Tensión de la cinta transportadora Comprobar
Alineación de la cinta Comprobar
Movimiento libre y sin obstrucciones de los rodillos
Rascador de cinta
Gomas de los faldones (o antes, según el material) comprobar
Discos de desgaste Compruebe

Fuente: Autores 2020

Adicionalmente se debe llevar un plan de engrase según manual de fabricante por temas de garantía el cual se presenta a continuación.

Figura 31. Plan de engrase según manual TEREX J-1175.



Fuente: TEREX FINLAY. Manual de funcionamiento JAW CRUSHER J-1175. Numeral 9.5. 2019.

Tabla 8. Plan de engrase según manual TEREX J-1175.

	Ubicación	Cantidad	Frecuencia	Capacidad
1	Rodillo motor del transportador principal	2	50 horas	4 gramos
2	Rodillo de polea del transportador principal	2	2500 horas	4 gramos
3	Rodillo motor del transportador de residuos (opcional)	2	50 horas	4 gramos
4	Rodillo de retorno del transportador de residuos (opcional)	2	50 horas	4 gramos
5	Cojinetes de rotación de mandíbula (<35 °C) Cojinetes de rotación de mandíbula (>35 °C)	2	8 horas	25 gramos 30 gramos
6	Cojinetes del bastidor principal de las mandíbulas (<35 °C) Cojinetes del bastidor principal de las mandíbulas (>35 °C)	2	8 horas	25 gramos 30 gramos
7	Cojinetes del lado de la transmisión del imán	2	50 horas	4 gramos
8	Cojinetes del lado contrario al de la transmisión del imán	2	50 horas	4 gramos
9	Cojinetes del árbol intermedio de la mandíbula	2	50 horas	16 gramos
10	Cojinetes del precibador (opcional)	2	50 horas	16 gramos

Fuente: TEREX FINLAY. Manual de funcionamiento JAW CRUSHER J-1175. Numeral 9.5. 2019.

Para la implementación en SAP del plan de mantenimiento preventivo se propone que las frecuencias sean 250, 500, 1000 y 2000 horas las cuales son acumulativas, es decir, que finalmente se debe hacer mantenimiento cada 250 horas. Donde se realizará cambios de aceite, filtros, inspecciones a tornillería, inspecciones de soldaduras, cambios de piezas de desgaste y ajuste en general.

SCALPER 883+

Para este equipo de clasificación de material y el cual ya fue expuesto en este documento se propone realizar una inspección pre operativa diaria o con una periodicidad máxima de 13 horas de trabajo.

Tabla 9. Inspección pre operativa diaria.

Generalidades
Adhesivos dañados o que faltan.
Acumulación de material que ponga en riesgo la funcionalidad del equipo
Protecciones de seguridad instaladas en su sitio, (Guardas, Puertas)
Estructura, Pasarelas, plataformas de mantenimiento, que los estribos y los pasamanos así como tornillos pernos y demás estén firmes y seguros.
Golpes ó daños en el equipo
Sistema hidráulico
Nivel de aceite hidráulico
Inspección de mangueras hidráulicas, acoples, bombas, cilindros y motores.
Inspección ventilador y verificar limpieza general del sistema.
Inspección al respiradero de tanque hidráulico, verificar ajuste.

Fuente: Autores 2020.

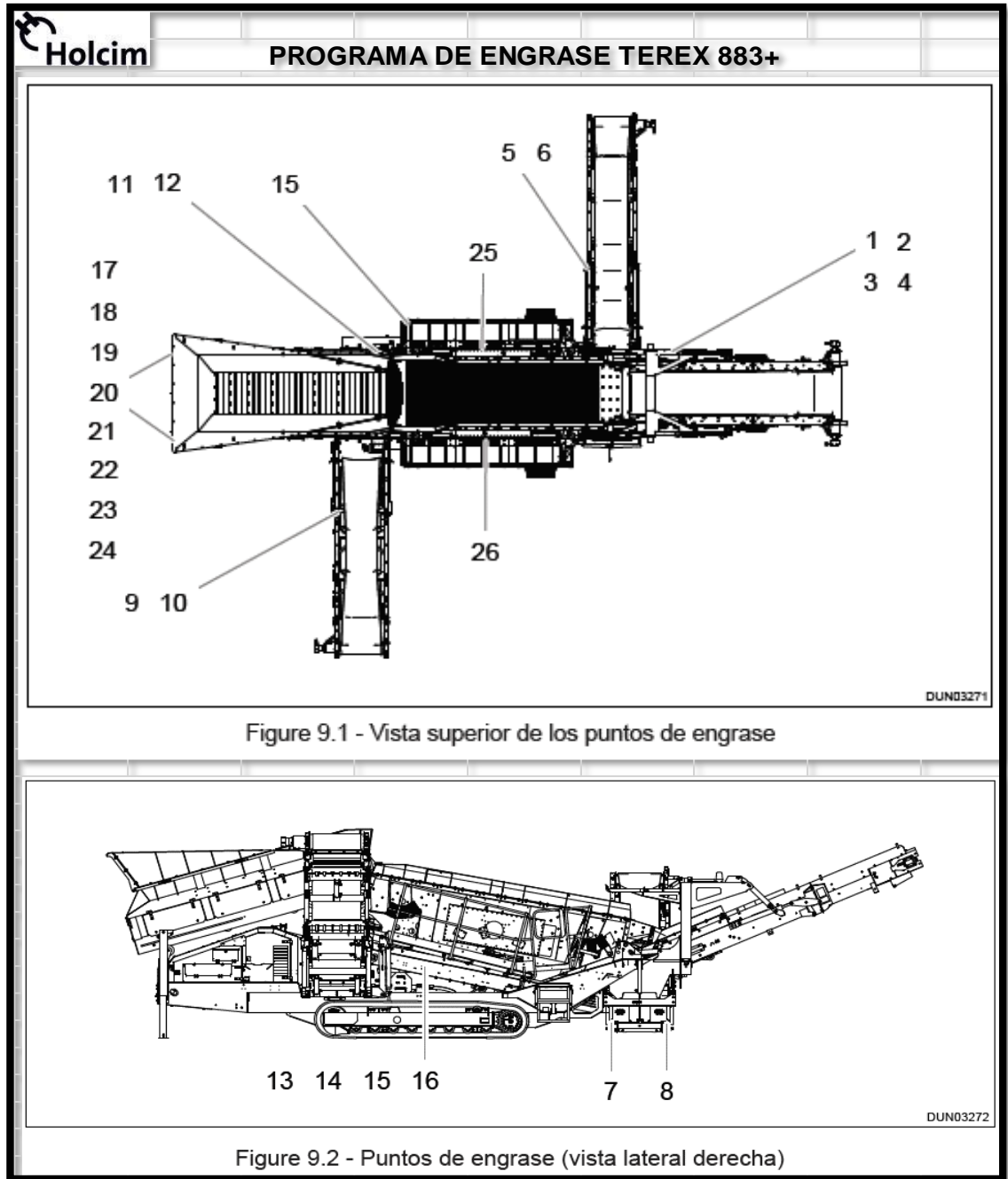
Tabla 10. Inspección pre operativa diaria.

Bandas
Inspección de rasgaduras y roturas en las cintas transportadoras.
Verificar y Ajustar Alineación y tensión de la cinta.
Inspeccionar, acoplamiento del motor de accionamiento directo.
Inspección de Limpiador/Raspador de cinta
Inspeccionar Movimiento libre y sin obstrucciones de los rodillos (Carga, y Retorno con sus estaciones)
Inspeccion de Encausaroes y Faldones de goma: tensión y derrames etc.
Inspeccionar Tambor de Cabeza y Tambor de cola (Rodamientos, Revestimientos)
Inspeccionar cama de impacto
Tolva del alimentador
Verificar ruidos anormales de funcionamiento (con equipo en funcionamiento)
Revisar Laminas estructuras y revestimientos.
Revisar rodamientos en general.
Inspeccionar Limpiadores/Raspadores de las tejas o zapatas de alimentación.
Verificar Rodillos de retorno
Orugas
Daños en las zapatas, los eslabones de las orugas y los pasadores
Tensión de las orugas
Fugas de aceite en las orugas
Desplazar la máquina hacia delante y hacia atrás, a criterio del operador.
Criba
Verificar Mallas de cribado, tensión, desgaste y limpieza
Verificar, ruidos y golpes anómalos
Inspeccionar Muelles/resortes
Verificar cortinas de caucho o faldones.
Revisión de estructura general y bandejas de descargue
Motor
Nivel de aceite del motor
Nivel de diésel en el depósito al momento del arranque
Inspección de correas
Indicador de servicio del filtro de aire del Motor
Limpieza de filtros de aire del motor
Mangueras y abrazaderas
Inspección del filtro de combustible
Tapón respiradero del depósito combustible
Nivel de refrigerante del sistema de refrigeración
Inspección/limpieza externa del radiador
Inpeccion de cableado y sistema electrico en general, verificar bornes de bateria limpios.
Inspecciones con equipo Encendido
Sistema de parada de emergencia (Accionarlos en la inspección)
Verificar e inspeccionar funcioanmiento de tablero de encendido
Verificar Funcionamiento de Mandos y controles hidraulicos

Fuente: Autores 2020

Adicionalmente se debe llevar un plan de engrase según manual de fabricante por temas de garantía el cual se presenta a continuación.

Figura 32. Puntos de engrase según manual TEREX 883+.



Fuente: TEREX FINLAY. Manual de funcionamiento máquina de cribado móvil 883+. Sección 9.2019.

Tabla 11. Programa de engrase TEREX 883+.

Nº de elemento	Descripción	Cantidad	Frecuencia
1	Rodillo motor de tamaño superior (izquierdo)	4 gramos / 2 pistonadas	50 horas
2	Rodillo motor de tamaño superior (derecho)	4 gramos / 2 pistonadas	50 horas
3	Rodillo de retomo de tamaño superior (izquierdo)	4 gramos / 2 pistonadas	50 horas
4	Rodillo de retomo de tamaño superior (derecho)	4 gramos / 2 pistonadas	50 horas
5	Rodillo motor de tamaño medio	4 gramos / 2 pistonadas	50 horas
6	Rodillo motor de tamaño medio	4 gramos / 2 pistonadas	50 horas
7	Rodillo de retomo de tamaño medio	4 gramos / 2 pistonadas	50 horas
8	Rodillo de retomo de tamaño medio	4 gramos / 2 pistonadas	50 horas
9	Rodillo motor de finos	4 gramos / 2 pistonadas	50 horas
10	Rodillo motor de finos	4 gramos / 2 pistonadas	50 horas
11	Rodillo de retomo de finos	4 gramos / 2 pistonadas	50 horas
12	Rodillo de retomo de finos	4 gramos / 2 pistonadas	50 horas
13	Rodillo motor de transferencia	4 gramos / 2 pistonadas	50 horas
14	Rodillo motor de transferencia	4 gramos / 2 pistonadas	50 horas
15	Rodillo de retomo de transferencia	4 gramos / 2 pistonadas	50 horas
16	Rodillo de retomo de transferencia	4 gramos / 2 pistonadas	50 horas
17	Rueda dentada motriz del prealimentador	4 gramos / 2 pistonadas	50 horas
18	Rueda dentada motriz del prealimentador	4 gramos / 2 pistonadas	50 horas
19	Rueda dentada motriz del prealimentador	4 gramos / 2 pistonadas	50 horas
20	Rueda dentada motriz del prealimentador	4 gramos / 2 pistonadas	50 horas
21	Cojinetes inferiores del prealimentador	4 gramos / 2 pistonadas	50 horas
22	Cojinetes inferiores del prealimentador	4 gramos / 2 pistonadas	50 horas
23	Cojinetes inferiores del prealimentador	4 gramos / 2 pistonadas	50 horas
24	Cojinetes inferiores del prealimentador	4 gramos / 2 pistonadas	50 horas
25	Cojinetes de la caja de cribado (utilice grasa para cribas)	30 gramos / 15 pistonadas	50 horas
26	Cojinetes de la caja de cribado (utilice grasa para cribas)	30 gramos / 15 pistonadas	50 horas

Cada pistola de engrase aplicará una cantidad diferente. Compruebe el equipo de engrase antes de usarlo.

Si al cliente le resulta más fácil, puede calcularse el valor de relubricación de 50 horas a un requisito diario.

(a) Engrase del motor de la unidad motriz bimodo

Si la máquina funciona constantemente con electricidad, los motores deberán volver a engrasarse cada 250 horas con 10 g de grasa bombeada en cada cojinete.

Si la máquina funciona en modo diésel durante periodos prolongados, los motores deberán engrasarse cada 250 horas con 3-5 g de grasa bombeada en cada cojinete.

Fuente: TEREX FINLAY. Manual de funcionamiento máquina de cribado móvil 883+. Sección 9.2019.

Para la implementación en SAP del plan de mantenimiento preventivo se propone que las frecuencias sean 250, 500, 1000 y 2000 horas las cuales son acumulativas, es decir, que finalmente se debe hacer mantenimiento cada 250 horas. Donde se realizará cambios de aceite, filtros, inspecciones a tornillería, inspecciones de soldaduras, cambios de piezas de desgaste y ajuste en general.

PLANTA DE TRITURACIÓN SECUNDARIA

Para la planta de trituración secundaria se propone crear en SAP un plan de mantenimiento con frecuencia de 250, 500, 1000 y 2000 horas donde serán acumulativos y finalmente cada 250 horas se debe realizar un mantenimiento planeado, con diferentes ítems en su hoja de ruta.

Se debe realizar un plan de engrase e inspección cada 13 horas de operación donde se garantice el estado de los rodamientos, motores eléctricos, estado de bandas, mallas de las zarandas, así como identificar que intervenciones se deben programar para realizar a las 50 horas de operación donde se propone que en este periodo se realice proceso de retorqueo y ajuste, verificación de elementos de desgaste y así preparar también la intervención programada de 250 horas.

CARGADORES SDLG

Para los cargadores frontales de marca SDLG los cuales ya fueron expuestos en el presente documento, se requiere crear en SAP un plan de mantenimiento con frecuencia de 250, 500, 1000 y 2000 horas donde se propone la siguiente hoja de ruta para implementar.

Tabla 12. Ruta SAP mantenimiento PM1 cargador 950H.

<p>MANTENIMIENTO PM1 CARGADOR 950H</p> <p>SEGURIDAD:</p> <p>1. Utilizar los siguientes elementos de protección personal:</p> <p>Casco Gafas DE seguridad Botas DE seguridad Guantes Ropa con reflectivos</p> <p>2. Aplica procedimiento de etiquetaje, bloqueo y prueba</p> <p>3. Despejar y señalizar el área de trabajo</p> <p>4. Diligenciar ATS en compañía del interventor asignado</p> <p>ADVERTENCIA!</p> <p>Baje todos los accesorios al suelo antes de empezar el servicio. Alivie la presión del sistema hidráulico antes de trabajar en conexiones, mangueras o componentes hidráulicos.</p> <p>PROCEDIMIENTO:</p> <p>1. ____ Cambiar elemento primario filtro de aire motor</p> <p>2. ____ Cambiar filtro primario sistema de combustible (separador de agua)</p> <p>3. ____ Cambiar aceite y filtro del motor</p> <p>4. ____ Lubricar estrías del eje motriz</p> <p>5. ____ Lubricar acoplador rápido</p> <p>6. ____ Comprobar nivel de aceite de diferencial y mandos finales</p> <p>7. ____ Comprobar acumulador del freno</p> <p>8. ____ Verificar juego de la columna de la dirección</p> <p>9. ____ Inspeccionar y ajustar correas</p> <p>10. ____ Inspeccionar indicador de servicio del filtro de aire del motor</p> <p>11. ____ Probar sistema de frenos</p> <p>12. ____ Probar sistema de freno de parqueo</p>
--

Fuente: Autores 2020.

Tabla 13. Ruta SAP mantenimiento PM2, PM3 Y PM4 cargador 950H.

MANTENIMIENTO PM2 CARGADOR 950H	
13. ___	Cambiar filtro secundario del sistema de combustible
14. ___	Cambiar filtro de aceite de la transmisión
15. ___	Cambiar filtro de aceite del sistema hidráulico
16. ___	Tomar muestra de refrigerante sistema de enfriamiento
17. ___	Tomar muestra aceite de la transmisión
18. ___	Tomar muestra de aceite diferencial y mando final
19. ___	Tomar muestra de aceite del sistema hidráulico
20. ___	Limpiar rejilla (colador) del tanque de combustible
21. ___	Limpiar respiradero del carter
22. ___	Limpiar tapa del tanque de combustible

MANTENIMIENTO PM3 CARGADOR 950H	
23. ___	Cambiar elemento secundario del filtro de aire del motor
24. ___	Cambiar filtro de aire de la cabina
25. ___	Limpiar o reemplazar filtro magnético del enfriador de aceite del eje
26. ___	Cambiar aceite de la transmisión
27. ___	Lubricar juntas universales del eje motriz
28. ___	Lubricar cojinete de soporte del eje motriz
29. ___	Lubricar bisagras del guardabarros de movimiento por carretera
30. ___	Lubricar cojinetes de la articulación
31. ___	Limpiar batería
32. ___	Apretar sujetador de batería
33. ___	Inspeccionar estructura de protección contra vuelcos (ROPS)

MANTENIMIENTO PM4 CARGADOR 950H	
33. ___	Cambiar receptor-secador (refrigerante)
34. ___	Cambiar aceite diferencial y mandos finales
35. ___	Verificar juego de válvulas del motor
36. ___	Lubricar accionador de inclinación del capot
37. ___	Verificar estado discos de freno
38. ___	Verificar indicador de desgaste del freno de servicio
39. ___	Limpiar válvula de alivio del tanque hidráulico

Fuente: Autores 2020.

7 CONCLUSIONES

Por medio de la matriz de criticidad se logró identificar que los equipos críticos del proceso son los primarios; trituradora primaria y scalper, así como los conos de triturado y algunas bandas del equipo secundario.

Se plantearon los indicadores necesarios para evaluar la gestión del mantenimiento y poder definir las diferentes oportunidades de mejora en el proceso.

Se diseñó una propuesta de plan de mantenimiento autónomo para algunos equipos de la planta de agregados de HOLCIM. Este documento es una base para la posterior implementación de este tipo de mantenimiento en la planta y busca tener una mejor disponibilidad de equipos favoreciendo a la productividad de la empresa.

Se desarrolló una estrategia que busca conseguir una disponibilidad según los requerimientos del grupo LAFARGEHOLCIM.

8 RECOMENDACIONES

Se recomienda que la estrategia de mantenimiento autónomo se pueda realizar para todos los equipos del proceso y adicionalmente se tengan los planes de mantenimiento preventivo programado como se realiza en otras plantas de Holcim Colombia S.A.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CABAÑA PLATA, José Ignacio. Implementación de los pilares I, II y III del TPM (Mantenimiento Productivo Total) en las máquinas de corte automático AC90-A de la empresa YAZAKI CIEMEL S.A. Trabajo de grado Especialista en Gerencia de Mantenimiento. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingeniería Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica, 2019. 11 p.

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 685. (15, agosto, 2001). Por la cual se expide el código de minas y se dictan otras disposiciones. Disponible en: http://portal.anla.gov.co/sites/default/files/leyes/ley_0685_150801.pdf

DISAGRO. Cargador de rueda LG958F. [sitio web]. Nicaragua. [Consultado: 5 de agosto de 2020]. Disponible en: <https://disagro.com.ni/cargador-de-rueda-lg958f>

DISMET. Elevador de cangilones. [sitio web]. Bogotá. [Consultado: 20 de agosto de 2020]. Disponible en: <https://www.dismet.com/productos/elevador-de-cangilones/>

DISMET. La importancia de los rodillos/ polines en transportadores de banda. [sitio web]. Bogotá [Consultado: 10 de agosto del 2020]. Disponible en: <https://www.dismet.com/la-importancia-de-los-rodillospolines-en-los-transportadores-de-banda/>

DUQUE OCAMPO, Diana Marcela y ECHEVERRI ÁNGEL, Juliana. Propuesta de un sistema de mantenimiento autónomo como pilar fundamental del mantenimiento total productivo para el área de recurtición de la empresa americana de curtidos LTDA Y CIA S.C.A. Trabajo de grado Ingeniero Industrial. Pereira: Universidad Católica de Pereira. Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería. Programa de Ingeniería Industrial, 2018. 5 p.

DUFFUAA, Salih O; RAOUF., A y DIXON CAMPBELL, John. Sistemas de mantenimiento planeación y control. México D.F: Limusa Wiley, 2000. 29 p. ISBN 968-18-5918.

EL COMERCIO. Fusión de Holcim y Lafarge para crear líder mundial de cemento. Quito. [Consulta:16 de junio de 2020] Disponible en: <https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/fusion-de-holcim-y-lafarge.html>

GALLEGO VALENCIA, Santiago y ARBOLEDA URREA, Yeny Patricia. Implementación del mantenimiento autónomo a las herramientas neumáticas de la línea de ensamblaje de la empresa AUTEKO MOBILITY SAS. Trabajo de grado Tecnología en sistemas electromecánicos. Medellín: Instituto Tecnológico Metropolitano, 2019. 21 p.

Google Maps. Planta de agregados Holcim.2020.<https://www.google.es/maps/place/Cantera+Petrecol/@4.6682487,-74.2792961,13032m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x8e3f76fefcfd1f9d:0x4d33897a04f5b01!8m2!3d4.6681287!4d-74.2680111>

GONZÁLEZ FERNÁNDEZ, Francisco. Mantenimiento en producción (TPM). En: Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado. 4 ed. España: Madrid, 2012. p. 118-119.

GUARIENTE, P, *et al.* Implementing autonomous maintenance in an automotive components manufacturer. *Revista ScienceDirect*.2017, Vol. 13, pp. 1128-1134.

HOLCIM. Nuestra Empresa. [sitio web]. Colombia. [Consulta: 16 de junio de 2020]. Disponible en: <https://www.holcim.com.co/nuestra-empresa>

HOLCIM. Wikipedia: La enciclopedia libre [consultado el 15 de junio de 2020, 20:05]. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Holcim>

LAFARGEHOLCIM. Our history. [sitio web]. Suiza. [Consultado: 15 de junio de 2020]. Disponible en: <https://www.lafargeholcim.com/our-history>

MEDRANO MÁRQUEZ, José Á; GONZÁLEZ AJUECH., Víctor L y DÍAS de LEÓN SANTIAGO, Vicente M. Mantenimiento: técnicas y aplicaciones industriales. 1° ed. México: Grupo Editorial Patria,2017. 28 p. ISBN E-book:978-607-744-709-2
Maintenance. SOCHY KOGYONO. *TPM en industrias de proceso*. España: Editado por Tokutaro Susuki, 1995, pp. 87-143. ISBN 84-87022-18-9.

METSO. Manual de trituración y cribado Metso. Catalogo No. 2051-12-08-CBL/Tampere-Español. Finlandia: 2008. 3-1 p. Disponible en: <https://pdfslide.net/documents/manual-de-trituracion-y-cribado-metsopdf.html>

MORILLO LEÓN, Christian. Aplicación del mantenimiento autónomo para incrementar la productividad en el área de mantenimiento de máquinas herramienta de la empresa AIRTEC S.A. Callao 2018.Trabajo de grado Ingeniero industrial. Perú: Universidad César Vallejo. Facultad de ingeniería,2018. 10 p.

NAKAZATO, Koichi. *Mantenimiento autónomo*. En: Japan Institute of plant Maintenance. SOCHY KOGYONO. *TPM en industrias de proceso*. España: Editado por Tokutaro Susuki, 1995, pp. 87-143. ISBN 84-87022-18-9.

OLARTE, William; BOTERO, Marcela y CAÑÓN, Benhur. Técnicas de mantenimiento predictivo utilizadas en la industria. *Scientia et Technica*.2010, Vol.2, nro.45. p.224.ISSN 0122-1701

OROZCO BARRAGÁN, Gabriel y PELÁEZ MOTTA, Francisco. Estudio y diseño del programa de implementación del pilar del mantenimiento autónomo, como una estrategia para aumentar la eficiencia global del equipo (OEE), reduciendo las causas de las seis grandes pérdidas para la línea de producción especializada en el principal cliente de la empresa Systempack Ltda. Trabajo de grado. Ingeniería industrial. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de ingeniería, 2009. 19 p.

SÁNCHEZ MARÍN, Francisco T, *et al.* Mantenimiento mecánico de máquinas. 2ºed.Castelló de la Plana: Publicacions de la Universitat Jaume I,2007. 12 p. ISBN 978-84-15443-89-6

SANME. Trituradora de cono serie SMS. [sitio web]. China. [Consultado: 20 de agosto de 2020]. Disponible en: <http://es.sanmecrusher.com/products/crusher/sms-cone-crusher.html>

SANME. Criba vibratoria circular serie YK. [sitio web]. China. [Consultado: 20 de agosto de 2020]. Disponible en: <http://es.sanmecrusher.com/products/feeding/Inclined-Vibrating-Screen.html>

SANME. Separador de polvo tosco y fino serie CXFL. [sitio web]. China. [Consultado: 22 de agosto de 2020]. Disponible en: <http://es.sanmecrusher.com/products/feeding/Powder-Separator.html>

SANME. Separador magnético suspendido. [sitio web]. China. [Consultado: 22 de agosto de 2020]. Disponible en: <http://es.sanmecrusher.com/products/feeding/Magnetic-Separator.html>

SALAMANCA JAIMES, Jesus; VELAZCO OCHOA., Jesus y ACEVEDO CAMACHO, Eduar. Análisis de criticidad y arboles de diagnóstico de fallas para

transformadores de potencia. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada*. 2015, Vol. 1, nro. 27. pp. 104-111. ISSN 1692-7257.

SDLG. Cargador frontal. [sitio web]. Latinoamérica: [Consultado 17 de agosto de 2020]. Disponible en: <https://www.sdlgla.com/es/nossos-produtos/cargadora-de-ruedas-l958f-2/>

TEREX FINLAY. J-1175. [sitio web]. España: [Consultado 5 de agosto de 2020]. Disponible en: <https://www.terex.com/finlay/es/product/jaw-crushers/j-1175>

TEREX FINLAY. Manual de funcionamiento JAW CRUSHER J-1175. 2019.

TEREX FINLAY. Manual de funcionamiento máquina de cribado móvil 883+. 2019.