UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

GESTIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA EMPRESA COLMINERALES LTDA

ANDRÉS CAMILO MARTÍNEZ MELO
COD: 20122077034

LUIS DANIEL GARCIA PINEDA
COD: 20121077067

PROPUESTA TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR TÍTULO DE TECNÓLOGO INDUSTRIAL

DIRECTOR
Ing. Rodrigo Quintero Reyes

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD TECNOLOGICA
TECNOLOGÍA INDUSTRIAL
BOGOTÁ
FEBRERO DEL 2017

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

NOTA DE ACEPTACIÓN

_____

_____

FIRMA DEL DIRECTOR

_____

FIRMA DEL JURADO

BOGOTÁ, FEBRERO 2017

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos primeramente a Dios por darnos la oportunidad de llegar en este proceso hasta este momento, por llenarnos de sabiduría, fuerza y valentía para asumir retos que nos trae la vida dándonos clases de cómo vivirla día a día.

A nuestros padres y familiares por brindarnos su apoyo incondicional y valores para cumplir nuestras metas, infundiendo amor, humildad y respeto, durante estos años de vida.

A la universidad Distrital inmensas gracias por brindarnos su apoyo y confianza con la formación de sus pedagogos e instalaciones aportándonos conocimiento y experiencias durante este proceso.

Al ingeniero y docente Rodrigo Quintero Reyes y al señor Luis Adan Garcia Sedano encargado del mantenimiento especiales agradecimientos, como a cada persona que contribuyo para que se cumplieran los objetivos de este trabajo con sus experiencias, conocimientos y virtudes que compartieron a lo largo del desarrollo.

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO 4

GLOSARIO BASICO DE TERMINOS DE MANTENIMIENTO 9

TÍTULO 12

GESTIÓN DE PLAN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA EMPRESA COLMINERALES LTDA 12

RESUMEN 12

1. INTRODUCIÓN 13

1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA 14

1.2 JUSTIFICACIÓN 15

1.3 OBJETIVOS 16

1.3.1 Objetivo general. 16

1.3.2 Objetivos específicos. 16

1.4 RESEÑA HISTÓRICA 17

1.5 CARACTERÍSTICAS DE LA EMPRESA 17

1.5.1 Misión: 17

1.5.2 Visión: 18

1.5.3 Política de calidad 18

1.6 COLMINERALES Y SUS PROCESOS 19

1.7 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL 24

1.8 LISTA DE MÁQUINAS 24

2. METODOLOGÍA 25

3. MARCO TEÓRICO 26

4. MANTENIMIENTO 29

4.1 ¿QUÉ ES EL MANTENIMIENTO? 29

4.2 EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO 29

4.3 OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO 30

4.4 EFECTIVIDAD DEL PLAN DE MANTENIMIENTO 30

4.5 GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO Y SU APLICACIÓN AL MANTENIMIENTO 31

4.6 TIPOS MANTENIMIENTO 31

4.6.1 Mantenimiento correctivo o por fallas 31

4.6.2 Mantenimiento preventivo en base a las horas de funcionamiento 32

4.6.3 Mantenimiento predictivo 32

4.6.4 Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) 33

5. NORMAS EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL 34

5.1 ISO 14224- INDUSTRIAS DEL PETRÓLEO, PETROQUÍMICA Y GAS NATURAL-RECOLECCIÓN E INTERCAMBIO DE DATOS DE CONFIABILIDAD. 34

5.2 NORMAS SAE-JA 1012 (NORMA DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (MCC)) 37

6. GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO 38

6.1 TEORÍA DE FALLAS 38

6.2 TIPOS DE FALLAS 39

6.3 DISTRIBUCIÓN DEL TIEMPO EN LA REPARACIÓN DE UNA AVERÍA 39

6.4 ASIGNACIÓN DE PRIORIDADES 41

6.5 LISTA DE AVERÍAS Y AYUDAS AL DIAGNÓSTICO..... 45

7. ANALISIS DE OPERACION DEL SISTEMA DE MOLIENDA..... 47

7.1 ANÁLISIS DE MODO DE FALLA Y EFECTO (AMFE). 47

7.2 DIAGRAMA DE ISHIKAWA (CAUSA Y EFECTO). 49

7.3 DIAGRAMA DE PARETO..... 50

8. GESTIÓN DE REPUESTOS..... 52

8.1 REPUESTOS A MANTENER EN BODEGA. 52

8.2 LOTE ECONÓMICO DE COMPRA. 52

9. GESTIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE MOLIENDA.... 53

9.1 PLANEACIÓN DEL MANTENIMIENTO 53

9.2 PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO..... 54

9.3 HISTORIAL DE MANTENIMIENTO 55

9.4 DEFINICIÓN DE LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO. 55

9.5 CONTROL DE LAS ÓRDENES DE TRABAJO. 57

9.5.1 Orden de trabajo..... 57

9.5.2 Flujo de la orden de trabajo..... 58

9.5.3 Conservación de Registros de mantenimiento. 59

9.6 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO 60

10. GESTIÓN DE LOS INDICADORES DE MANTENIMIENTO 63

10.1 INDICES DE CLASE MUNDIAL 63

10.1.1 Confiabilidad del sistema de molienda (Tiempo medio entre fallas) 63

10.1.2 Mantenibilidad del sistema de molienda..... 64

10.1.3 Disponibilidad del sistema de molienda 64
10.2 ANALISIS DEL CUMPLIMIENTO DE LA META DE GESTIÓN 65
11. GESTIÓN DOCUMENTAL DEL PLAN DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE MOLIENDA 66
11.1 INTRODUCCIÓN 66
11.4 INFORME TRAS LA REALIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO 67
12. SOFTWARE MANTENIMIENTO PREVENTIVO 68
12.1 BENEFICIOS 68
12.2 OBJETIVOS DEL SOFTWARE 68
12.4 INFORMACIÓN BÁSICA DEL SOFTWARE 68
CONCLUSIONES 70
RECOMENDACIONES 71
BIBLIOGRAFÍA 72
ANEXOS 74
Anexo 1. SOFTWARE DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO 74
1.1 Menú Principal 74
1.2 Registro Funcionamiento 75
1.3 Registro Avería 78
1.4 Planeación Del Mantenimiento 79
1.5 Programación Del Mantenimiento 80
1.6 Limpiar Tareas Realizadas 82

1.7 Cierre De La Orden De Trabajo 85

1.8 Indicadores Clase Mundial. 86

1.9 Informes De Mantenimiento 88

1.8.1 Informe de Máquina vs Falla 89

1.8.2 Informe Componentes vs Fallas 90

1.8.3 Informe Actividad vs Máquina 92

1.8.4 Informe Repuestos vs Máquinas 93

1.8.5 Informe de Tiempo Mantenimiento Correctivo vs Tiempo Mantenimiento Preventivo 95

1.9 Información General 95

1.9.1 Lista De Máquinas 95

1.9.2 Actividades Mantenimiento Sistema Molienda 96

1.9.3 Documentos técnicos 97

1.9.4 Análisis de Modo de Falla y Efecto 98

Anexo 2. Hojas de vida de los equipos 98

Anexo 3. Inventario general herramientas Colminerales Ltda. 104

Anexo 4. AMFE – Ventilador principal – Auxiliar 107

Anexo 5. AMFE – Alimentador. 107

Anexo 6. AMFE – Ciclón. 107

Anexo 7. AMFE – Clasificador Whizzer. 108

Anexo 8. AMFE – Elevador Cangilones 108

Anexo 9. AMFE – Filtro mangas. 109

Anexo 10. AMFE – Molino. 110

Anexo 11. AMFE – Trituradora. 110

GLOSARIO BASICO DE TERMINOS DE MANTENIMIENTO

CICLO DE VIDA**:** Tiempo durante el cual un equipo, sistema, componente o parte conserva su capacidad de utilización. Es el conjunto de fases que abarcan desde su puesta en marcha hasta, que es sustituido, o es objeto de restauración o reparación (diseño, fabricación, instalación, pruebas, mejoras, remplazo).

ÍTEM-MANTENIBLE: Elemento, parte, componente, sistema, conjunto, equipo, planta, instalación, estructura y cualquier otra unidad funcional que puede ser considerada individualmente, que comprende características de mantenibilidad, desagregación e identificación.

DIAGNÓSTICO**:** Proceso que consiste en medir, analizar y conceptualizar el estado de los sistemas, equipos, componentes o partes en relación con un estándar establecido.

AJUSTE: Proceso que permite a un elemento cuyas medias son rechazadas, ubicarlo en las tolerancias aceptables.

CALIBRACIÓN: Procedimiento de comparación entre lo que indica un instrumento y lo que ´debiera indicar´ de acuerdo a un patrón de referencia con valor conocido.

INCERTIDUMBRE: Falta de certeza o existencia de duda. En metrología, la incertidumbre se presenta por la falta de precisión y exactitud en las medidas.
TOLERANCIA: Intervalo de valores en el que debe encontrarse una magnitud para que se acepte como válida, lo que determina la aceptación o el rechazo de elementos, según sus valores queden dentro o fuera de ese intervalo.

INSPECCIÓN: Reconocimiento crítico efectuado a un equipo, sistema, componente o parte, verificando su estado real por comparación con el exigido.

INSPECCIÓN VISUAL: Técnica que permite detectar variedad de defectos como corrosión, contaminación, conexiones de soldadura defectuosas, discontinuidades superficiales, entre otros.

ANÁLISIS: Proceso posterior a la medición que consiste en verificar el cumplimiento de un estándar e identificar las tendencias y las causas de su desviación, a través de la comparación y la relación para determinar el estado de funcionamiento de sistemas, equipos, componentes y partes.

AVERÍA: Término equivalente a falla.

ANÁLISIS DE FALLAS: Método lógico y sistemático cuyo fin es analizar causas y efectos de las fallas presentes en los sistemas, equipos, componentes o partes.
ÁRBOL DE FALLAS: Sistema lógico secuencial de acontecimientos, utilizado para el análisis de confiabilidad de un sistema, equipo, componente o parte, puede ser gráfico o estructural.

DEFECTO: cualquier desviación o alteración de los estándares de diseño, fabricación, operación o mantenimiento de un sistema, equipo, componente o parte, suficiente para ocasionar una falla.

FALLA: capacidad total o parcial en sistemas, equipos, componentes o partes para cumplir con la función para la cual fueron diseñados.

FALLA DETECTABLE: Falla cuyos síntomas son fácilmente percibidos por los sentidos humanos antes de afectar las funciones del equipo, sistema, componente o parte.

FALLA OCULTA: Falla cuyas causas son difícilmente identificables.

FALLA PROGRESIVA: Gradual de la capacidad de funcionamiento debido a la evolución con el tiempo de las características de un elemento. En general una falla progresiva puede proveerse por un examen o vigilancia previa y a veces puede evitarse mediante un mantenimiento preventivo.

CORROSIÓN: Ataque destructivo paulatino a los metales, que puede ser de naturaleza química o electroquímica.

DEBILITAMIENTO: Disminución de la capacidad de esfuerzo de un objeto.

DEFORMACIÓN PLÁSTICA: Deformación irreversible donde el material no regresa a su forma original después de retirada la carga.

DESALINEACIÓN: Perdida de la línea recta (paralelismo o perpendicularidad) que deben formar dos elementos unidos para su correcto funcionamiento.

DESGASTE: Remoción de material por efecto del roce.

FATIGA: Pérdida de resistencia mecánica de un material al ser sometido a esfuerzos cíclicos.

FATIGA TÉRMICA: Pérdida de resistencia de un material al ser sometido a tensiones térmicas fluctuantes normalmente a temperaturas elevadas.

FRACTURA: Reacción de un elemento ante la aplicación de un esfuerzo o una combinación de estos, que logran afectar la estructura interna del material del elemento, provocando alteraciones físicas estructurales en él.

FRICCIÓN: Contacto de dos superficies con movimiento relativo; la fricción genera desgaste por rozamiento.

FUGA: Falla consistente en la salida incontrolada de un fluido (líquido o gas), por un orificio o por una abertura producidos accidentalmente de su recipiente el cual es usualmente hermético.

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

TÍTULO

GESTIÓN DE PLAN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA EMPRESA

COLMINERALES LTDA

RESUMEN

La elaboración de este trabajo propone la gestión de un plan de mantenimiento preventivo para la empresa COLMINERALES LTDA. El cual se desarrollará con la experiencia, historial y documentación técnica, para realizar un adecuado mantenimiento preventivo de esta forma se pretende prevenir fallas y paradas del sistema, teniendo máxima disponibilidad y eficiencia en las maquinas; con calidad en los productos y cumpliendo con los requerimientos de los clientes.

Por medio de un software elaborado en Microsoft Excel, se llevará el control de todo lo relacionado con el sistema de molienda, el historial de funcionamiento, la descripción del material transformado, programa de mantenimiento, tareas preventivas a realizar, historial de mantenimiento, generación de indicadores e informes y algunas metodologías recomendadas en la industria como son análisis de modo de falla, Pareto, etc.

Con la información obtenida, se hizo una planeación, esperando con ello reducir las paradas inoportunas y obtener una alta efectividad de la empresa, teniendo en cuenta que las acciones a realizar las notificará el software, con tiempo para su planificación adecuada de una manera fácil y práctica.

1. INTRODUCIÓN

Un factor muy importante en la eficiencia y rentabilidad de una industria es tener maquinaria y equipos en buen estado de operación, obteniendo de esta forma un mejor rendimiento, en dado caso si dentro de la compañía se presentan fallas en los procesos que afecten el cumplimiento y la calidad del servicio o bien, se toman medidas pertinentes y necesarias para mejorar y dar alternativas de solución a las dificultades que se presenten.

La empresa COLMINERALES S.A. Situada en la ciudad de Neiva, cuenta con un buen posicionamiento en el mercado y goza de una buena imagen, sus clientes son satisfechos con las características del servicio prestado y depositan confiablidad en sus productos, aunque en ocasiones se afectan los factores anteriores, debido a fallas en el molino por esta razón se presenta incumplimiento en los pedidos que hacen sus clientes.

Por este motivo se propone una solución para disminuir significativamente los errores o fallas presentadas en la producción, aprovechando este tiempo en pro de la mejora del servicio y una eficiente entrega de los pedidos.

La esencia de este proyecto es el plan de gestión de mantenimiento del molino pulverizador vertical, para la empresa COLMINERALES LTDA; en el cual se realizará una revisión detallada de sus partes, para verificar su estado y funcionamiento, utilizando herramientas tales como diagrama de Ishikawa, diagrama de Pareto, diagrama flujo, entre otras, para lograr la recopilación de la información necesaria que ayude a la elaboración de la propuesta.

1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En la empresa COLMINERALES LTDA. no se cuenta con alguna herramienta que pueda informar sobre el funcionamiento y el plan de mantenimiento del molino pulverizador vertical en el sector mineral; que permita prevenir fallas, disminuir mantenimientos correctivos, programar los mantenimientos preventivos, de tal forma que no se obtenga la producción y acarrear costos altos en la empresa por falta de un debido mantenimiento preventivo, el cual permita conocer e informar permanentemente el estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de valores determinados.

La ausencia del plan de es la inexistencia de personal de mantenimiento, además no se ha visto la necesidad de plasmar en forma escrita la información necesaria para desarrollar tareas de mantenimiento.

Un adecuado plan de mantenimiento desarrolla un aumento de calidad en los procesos, seguridad y preservación del medio ambiente, además disminuye las paradas inesperadas que conllevan a pérdida de tiempo y por lo tanto pérdida de capital.

1.2 JUSTIFICACIÓN

En una industria como COLMINERALES LTDA. Se maneja un sistema con diferentes máquinas, es conveniente contar con un plan de gestión de mantenimiento preventivo, el cual permita prevenir al máximo las fallas que pueden ocurrir en las diferentes máquinas durante el funcionamiento del molino pulverizador vertical en el sector mineral; dicho plan permite:

- Prevenir fallas.
- Disminuir mantenimientos correctivos.
- Programar los mantenimientos preventivos
- Contar con un historial de mantenimiento.
- Administrar órdenes de trabajo.

De tal forma que no se obtenga la producción y ocasione costos altos en la empresa por falta de un debido mantenimiento.

El objetivo con la elaboración del plan de mantenimiento a través del software es incrementar al máximo la disponibilidad y confiabilidad de la maquinaria y equipos. Así como permitir que se encuentren en excelente estado, cumpliendo más eficientemente con el propósito con el cual se han diseñado.

El trabajo pretende cambiar la cultura y darle la importancia que se requiere a la manera como se práctica el mantenimiento dentro de la empresa. Implementando este sistema de control, se realizará un mantenimiento preventivo del molino, el cual permite conocer e informar permanentemente el estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de indicadores determinados.

Un adecuado plan de mantenimiento desarrolla un aumento de calidad en los procesos, seguridad y preservación del medio ambiente, además de disminuir las paradas inesperadas que conllevan a pérdida de tiempo, capital y demora en el retorno de la inversión.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general.

Proponer el plan de gestión de mantenimiento para el sistema de molienda de la empresa COLMINERALES LTDA.

1.3.2 Objetivos específicos.

- Realizar un diagnóstico de las partes del sistema del molino, para verificar su estado inicial y funcionamiento.
- Establecer los procesos y procedimientos de mantenimiento preventivo necesarios en el sistema del molino.
- Definir tareas específicas de mantenimiento preventivo para evitar detener la producción y daño de maquinaria o equipo.
- Capacitar al personal de las áreas involucradas con el mantenimiento sobre los beneficios del mantenimiento preventivo y funcionamiento del software que se elaboró.
- Desarrollar la metodología necesaria para llevar a cabo una propuesta de mantenimiento preventivo ordenado, claro y eficiente por medio de un software en Excel.

1.4 RESEÑA HISTÓRICA

COLOMBIANA DE MINERALES LTDA., inició en el año de 1997 con el debido estudio de suelos y la adecuación del terreno para el desarrollo de su actividad económica. Para el 5 de enero del mismo año, el señor LUIS GARCIA (actualmente Jefe de Planta en la empresa), gracias a su experiencia y conocimientos metalmecánicos en ciudades como Bogotá y Barranquilla tuvo la responsabilidad de diseñar, fabricar e instalar las diferentes partes y accesorios de los molinos (Raymond y de Martillo), tales como: La tolva, la banda transportadora, los elevadores, la tubería y demás piezas que permiten el buen funcionamiento de estos.

En el año 2007, se registra en la Cámara de Comercio de la ciudad de Neiva (Huila) según matricula No. 79461 y representante legal el señor ALFONSO CAMACHO TRIANA, a partir de esto COLMINERALES se dedica a la trituración y molienda de minerales no metálicos.

1.5 CARACTERÍSTICAS DE LA EMPRESA

Razón social:

- COLOMBIANA DE MINERALES LTDA.

Sector:

- Minero

Actividad económica:

- Empresa dedicada a la extracción y trituración de minerales no metálicos, tales como carbonato de calcio

1.5.1 Misión:

COLMINERALES LTDA. Tiene como misión, cumplir y satisfacer al 100% las necesidades razonables de nuestros clientes, empleados y socios; a nuestros clientes con el cumplimiento en el suministro de minerales no metálicos de óptima calidad; a nuestros empleados con sueldos e incentivos y dotaciones que generen bienestar y una buena calidad de vida para ellos y cada una de sus familias; y a los socios unos rendimientos acordes a su inversión y satisfacción por la labor realizada en beneficio de todos los clientes.

1.5.2 Visión:

Nuestra visión es cada año avanzar con pasos firmes hasta ser referentes a nivel nacional y tener expansión a nivel internacional en el suministro de minerales no metálicos con los mejores precios y calidad en el mercado.

1.5.3 Política de calidad

COLMINERALES LTDA. Tiene como política ofrecer productos con altos estándares de calidad, utilizando trazabilidad en sus materias primas, contando con personal calificado, infraestructura moderna, en pro de optimizar beneficios para el cliente, sus empleados y socios.

1.5.4 Localización de la empresa Colminerales Ltda.

- Palermo, Huila.
- Carrera 7 P No. 10 – 20 Km 3 Vía Palermo

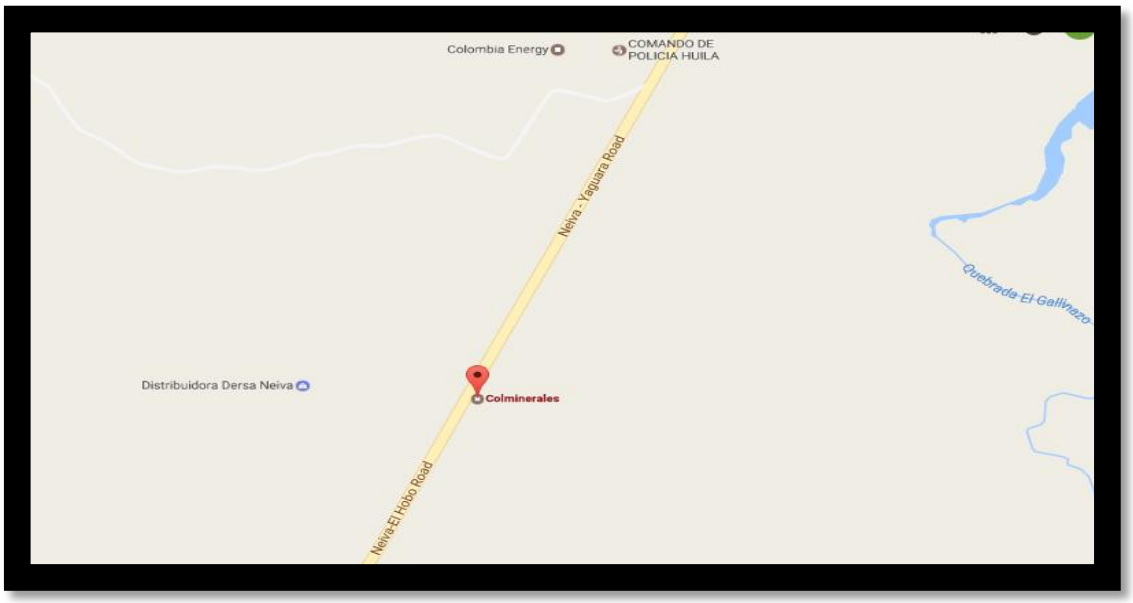


Figura. Localización de la empresa
Fuente: Google maps

1.6 COLMINERALES Y SUS PROCESOS

La caliza es una roca sedimentaria porosa de origen químico, formada mineralógicamente por carbonatos, principalmente carbonato de calcio. Cuando tiene alta proporción de carbonatos de magnesio se le conoce como dolomita. Petrográficamente tiene tres tipos de componentes: granos, matriz y cemento.

Es una roca muy importante como reservorio de petróleo, dada su gran porosidad. Tiene una gran resistencia a la meteorización, eso ha permitido que muchas esculturas y edificios de la antigüedad tallados en dichas rocas hayan llegado hasta nosotros. Sin embargo, la acción del agua de lluvia y los ríos provoca la disolución de la caliza, creando un tipo de meteorización característica denominada kárstica.

La roca caliza es un componente importante del cemento gris usado en las construcciones modernas y también puede ser usada como componente principal, junto con áridos, para [1]fabricar el antiguo mortero de cal, pasta grasa para creación de estucos o lechadas para "enjalbegar" (pintar) superficies, así como otros muchos usos por ejemplo en industria farmacéutica o peletera. Se encuentra dentro de la clasificación de recursos naturales (RN) entre los recursos no renovables (minerales) y dentro de esta clasificación, en los no metálicos, como el salitre, el yeso y el azufre[1].

ROCA CALIZA: Nombre común del Carbonato de Calcio ($CaCO_3$). Contiene alto porcentaje de calcita, como cuarzo o arcilla, lo que puede aportar un color más oscuro que el de la caliza más pura. La caliza es una roca sedimentaria porosa formada por carbonatos, principalmente Carbonato de Calcio[2].

Las propiedades físicas de la piedra caliza son:

Apariencia:
Polvo blanco micro cristalino y fino, inodoro e insonoro, es casi insoluble en agua 0.065gr en un litro de agua a 200ºC

Textura:
Granular fina a gruesa, es un poco rasposa. Tienen una textura consistente en granos minerales que se entrelazan, desarrollados durante la cristalización de sustancias que se desprenden de la solución.

[1] Procesos Mineros.{En línea}. {10 Octubre del 2016} disponible en: (http://procesosmineros.weebly.com/piedra-caliza.html)
[2] Ibíd., p.2

Densidad:

2,7 g/cm

Resistencia:

La resistencia de la caliza es una propiedad importante a la compresión, al aplastamiento que oscila entre 98,4 y 583,5 kg/ cm^2, la resistencia a la tracción no es tan importante y es más difícil de determinar, su variación es de 26 a 63 kg/cm^2

Propiedades Químicas:

La principal propiedad química es la de neutralizar ácidos, es una propiedad común de todos los carbonatos.

Usos: Materia prima para la industria del cemento, cal hidratada, calcita, construcción, mármol, agricultura, agregados pétreos.

COLMINERALES LTDA.

El proceso de producción de minerales no metálicos se realiza en dos molinos denominados:

- Molino 1 y Molino 3: molinos Raymond donde se procesan los minerales no metálicos finos.
- Molino 2: molino de martillos donde se procesan los minerales no metálicos gruesos.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO – Carbonato De Calcio (CaCO3)

1. Compra de la Materia Prima:

El proceso de producción inicia con la compra de la Roca Caliza proveniente de la Mina “El Socorro” del Municipio de Santa María (Huila) y su posterior transporte en volquetas de 12 a 22 Toneladas aproximadamente hasta la planta de producción en Neiva (Km 3 – Vía Palermo).

2. Recepción de la Materia Prima:

Consiste en la recepción y verificación del pedido, la cual el Supervisor y/o ingeniero de control de calidad se encargan de recibir y verificar la orden de compra

o remisión. Debido a que en ocasiones la Roca Caliza puede tener algunas impurezas adheridas a su superficie, está debe ser sometida a un proceso de lavado.

3. Almacenamiento:

Una vez la materia prima cumple las especificaciones exigidas; está es almacenada bajo cubierta y lista para el proceso.

4. Alimentar la Trituradora:

Aquí un operario es el encargado de transportar la roca caliza con o sin ayuda de carretilla hasta la máquina, Trituradora de Mandíbula y vaciar su contenido en la boquilla del equipo.

5. Elevador de Cangilones:

Teniendo la roca caliza en el elevador de cangilones, esté transporta el material hacia la tolva.

6. Tolva No. 1:

En este proceso, el material particulado de la roca caliza es almacenado previamente, antes de ser enviado al pulverizador.

7. Molino Raymond:

Antes de dar paso al material particulado de la roca caliza al equipo pulverizador; se le ajustan las condiciones de trabajo, como: velocidad y tamaño del clasificador whizzer, importante para determinar el tamaño de la granulometría del producto o malla que se requiere; según las especificaciones del cliente

8. Silo de producto terminado:

Luego de pasar por el molino el material es almacenado en la tolva de producto terminado en donde se inicia el proceso de empaque.

9. Empacado:

El operario ubica la bolsa en la válvula de salida de la tolva y la pone en funcionamiento moviendo la palanca que activa el llenado. Seguidamente, al terminar de llenar, mueve la palanca para detener el llenado y sacar con mayor facilidad el bulto. Luego, carga y lo lleva hacia la báscula electrónica, en la cual se

verifica el peso del bulto, si no coincide con las especificaciones, se le agrega material de acuerdo a lo que se necesite. Después, el bulto es cosido. Por último, se pasa a una estiba, hasta completar cuarenta sacos por estiba para su almacenamiento.

10. Almacenamiento:

Las estibas terminadas son llevadas a la bodega de almacenamiento.

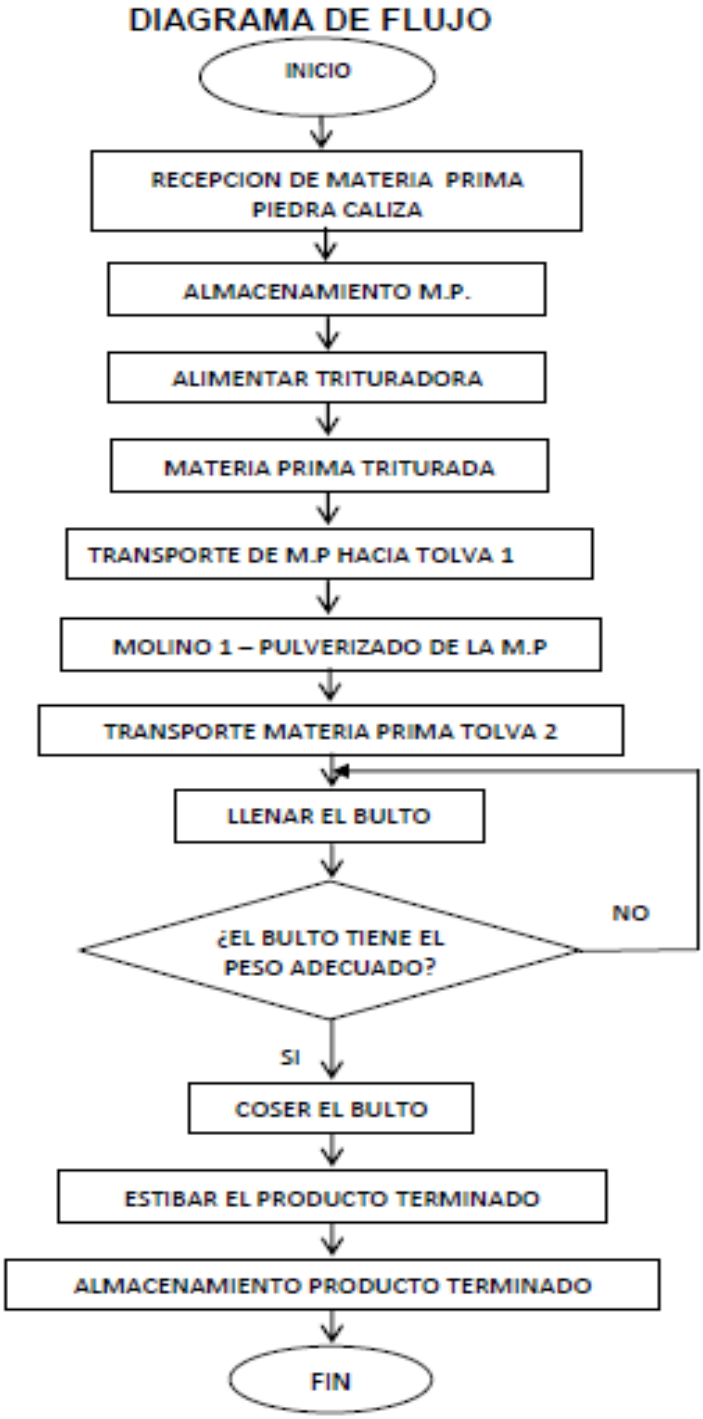


Figura 1. Descripción del proceso
Fuente: Autores

1.7 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

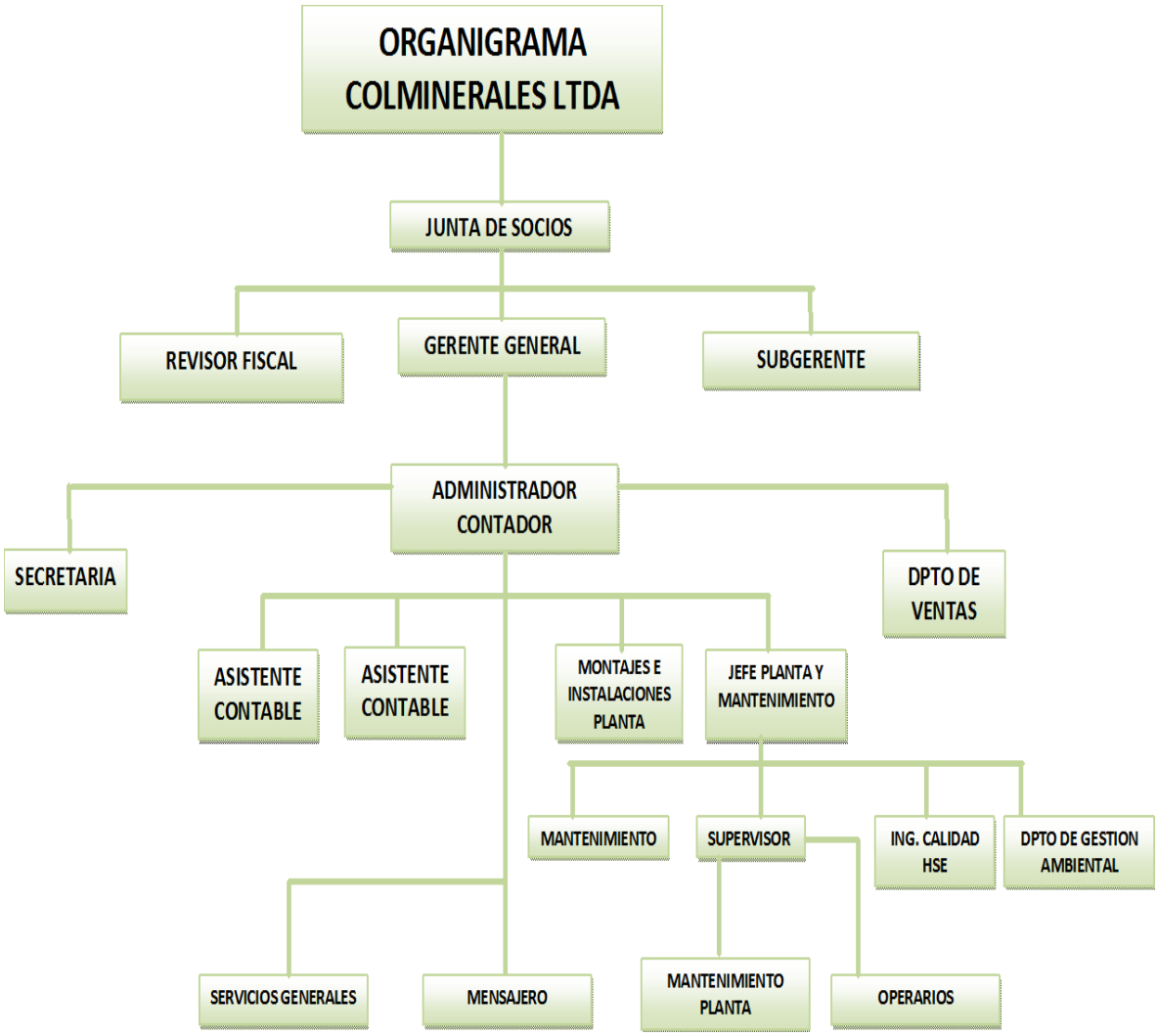


Figura 2. Estructura organizacional
Fuente: COLMINERALES LTDA

1.8 LISTA DE MÁQUINAS

El primer paso para poder realizar el análisis de las máquinas que componen el sistema de molienda, es elaborar una lista de las máquinas. La lista indica las relaciones de dependencia de cada una de las máquinas con sus respectivos componentes que lo conforman, para ello se adjunta en el software de una manera detallada cada máquina – componente del sistema de molienda de la empresa COLMINERALES LTDA.

2. METODOLOGÍA

El objetivo principal de la gestión de este plan de mantenimiento es reducir fallas, minimizar costos, alargar la vida útil de cada máquina - componente del montaje de la empresa. De esta forma prestar un mejor servicio a sus clientes teniendo alta eficiencia en sus procesos con calidad y cumpliendo con lo requerido por los clientes; la metodología de desarrollo para el trabajo fue la siguiente:

La primera etapa consistió en identificar y clasificar las partes del sistema de molienda; se realizó una recopilación de datos históricos, entrevistas con el personal como son operarios, técnicos y encargado del mantenimiento en la empresa.

Luego se elaboró una hoja de registro o ficha técnica del molino y sus partes, para observar características y datos más importantes. Los datos de este documento se obtienen por medio de libros y manuales del fabricante; como también, el historial de mantenimiento del sistema de molienda realizado en los últimos dos años y experiencia de algunos colaboradores y supervisor de mantenimiento; adicionalmente se realizaron visitas a una planta dedicada a la trituración de piedra caliza y dolomita ubicada en Gachancipá, Cundinamarca.

Al tener la recopilación de los datos se llevó a cabo la planeación de las actividades de mantenimiento ya sea semanal, mensual o anual, a medida del desarrollo del trabajo se elaboró un software con una plataforma práctica y sencilla, por medio de Microsoft Excel, donde se propone el plan de mantenimiento preventivo a realizar, el historial de mantenimientos tanto preventivos como correctivos y de esta forma tener un control, para luego buscar, evaluar y analizar las situaciones de mejora gracias a indicadores tales como:

- Disponibilidad, mantenibilidad y confiabilidad
- Máquina con mayor frecuencia de falla.
- Cuál es la mayor causa de falla.
- Repuestos con mayor consumo
- Comparación de tiempo utilizado en mantenimiento correctivo y preventivo.

Con el plan de gestión de mantenimiento propuesto y esta herramienta computacional se tendrá un análisis a fondo, da oportunidad para una mejora continua en el mantenimiento presente del sistema de molienda.

Metodológicamente se amplía la información del plan de gestión de mantenimiento desde el capítulo 11.

3. MARCO TEÓRICO

El ser humano a través del tiempo ha buscado la manera de crear herramientas que le permitan mejorar su calidad de vida, de la misma forma mejorarlas y conservarlas; pero en un principio tomaban acciones de mejora cuando sus herramientas fallaban en su totalidad, fue en ese momento en donde el hombre empieza a mejorar sus técnicas para que tuvieran mayor durabilidad y mejor utilización de sus herramientas[3].

En la revolución industrial se evidenció, las notables perdidas y sobrecostos de producción en las empresas manufactureras a causa de la mala utilización de las herramientas, falta de capacitación y sobrecarga de acuerdo a la capacidad de la maquinaria[4]. Gracias a esto las industrias empezaron a analizar e identificar la raíz de los problemas, con el fin de establecer alternativas de prevención y disminución de costos.

La moderna mecanización y automatización de la maquinaria para moler diferentes elementos han dado un gran desarrollo a través del tiempo desde los molinos más antiguos que eran de mano y se utilizaban para moler tubérculos, semillas, trigo, etc.

El presente trabajo se enfoca en un sistema de molienda y transformación de piedra caliza de la empresa COLMINERALES LTDA. Dada la importancia de un buen mantenimiento preventivo, la mejora continua, la fiabilidad y disponibilidad que necesita cada máquina y componente del sistema, para que no resulten paradas imprevistas y pérdida de tiempo en producción.

El análisis realizado, evidenció ausencia de mantenimiento preventivo confiable en la empresa, en este momento es donde surge la necesidad de investigar acerca de cada componente del sistema de molienda, acceder a historiales de mantenimiento, visitas a empresas del sector y entrevistas a encargados de mantenimiento. De esta forma realizar una propuesta de gestión de mantenimiento preventivo para la empresa; con el fin de aportar eficiencia, valor a sus procesos y sobre todo la realización del correcto mantenimiento.

La propuesta se generó por medio de un software el cual es práctico y sencillo a la hora de utilizarlo, está formulado en el programa de Microsoft Excel, se puede acceder desde cualquier computador con Microsoft office, en el software se encontrará disponible el historial de mantenimientos preventivos y correctivos, reportes de averías, programación del mantenimiento a realizar, como también indicadores de disponibilidad, mantenibilidad y confiabilidad. De esta manera identificaran cuales equipos tienen mayor falla, maquinaria que necesita mayor atención y causas que afectan el proceso.

---

[3] GONZÁLES FERNÁNDEZ, Francisco. Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado. Segunda edición. Madrid. Fundación confemetal. 2005. 579p
[4] Ibíd., 340 p.

NIVELES JERÁRQUICOS

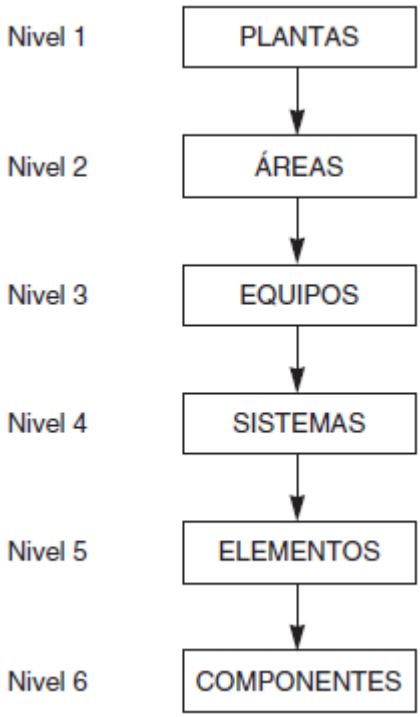


Figura 3. Niveles Jerárquicos[5]
Autor: Santiago García

El sistema de molienda, está conformado por un conjunto de equipos, iguales o diferentes, cada equipo, a su vez, está dividido en sistemas funcionales, que se encargan de cierta función dentro de él. Los sistemas de igual forma se descomponen en elementos (motor, ventilador, etc...). Los componentes son partes más pequeñas de los elementos, y son las partes que generalmente se sustituyen en la reparación.

[5]GARCÍA, Santiago, Organización y gestión integral de mantenimiento. Madrid, Ediciones Díaz de Santos, S. A. 2003. 321p.

Figura 4. Sistema de molienda
Fuente: Autores

4. MANTENIMIENTO

4.1 ¿QUÉ ES EL MANTENIMIENTO?

Mantenimiento es la función por la cual se controla el estado de las instalaciones y equipos productivos, por medio de la aplicación de un conjunto de acciones necesarias para conservar o restablecer un sistema en un estado que permita garantizar su funcionamiento al mínimo coste.

4.2 EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO

La historia del mantenimiento, data del momento mismo de la aparición de las máquinas para la producción de bienes y servicios. Se reconoce la aparición de los primeros sistemas organizacionales de mantenimiento para sostener las máquinas desde principios del siglo XX, en los Estados Unidos, donde todas las mejoras a fallas y paradas imprevistas de equipos se solucionaban por medio de mantenimiento correctivo[6].

Con la revolución industrial en Inglaterra, que se extendió a toda Europa, consolidando todo el desarrollo anterior, que dio origen a una cultura que utiliza una máquina a su servicio y no al revés, con la secuencia de un vertiginoso crecimiento en la evolución y el desarrollo de las máquinas y mecanismos, desde lo más recóndito de la historia hasta los últimos siglos XIX, XX y XXI.

En el renacimiento las máquinas adquieren gran difusión y avance en la Europa Occidental, queda atrás la decadencia cultural de la edad media, y sobresale el desarrollo de la tecnología con protagonistas, como: Galileo Galilei, Miguel Ángel, Leonardo da Vinci, Francisco di Girogi, Agostino Ramelli, Georgius Agricola, Isaac Newton, etc... Contribuyendo eficazmente a los desarrollos actuales de máquinas, mecanismos y equipos.

En la revolución industrial se puede apreciar una gran cantidad de inventos, creaciones, bosquejos, mecanismos, máquinas, conocimientos, explicaciones, etc. Para lograr un desenfrenado avance en la producción industrial. La creación de la máquina de vapor pone un punto de quiebre en el desarrollo de la ingeniería. Es cuando se logra aplicar el concepto según el cual las máquinas no requieren al hombre para funcionar, sino más bien que han de servirle a la humanidad para su bienestar y mejora en la calidad de vida. Con los grandes avances y progresos tecnológicos de las máquinas y los mecanismos en la revolución

[6] GUTIERREZ MORA, Alberto, Mantenimiento, planeación, ejecución y control. México D.F, Alfaomega Grupo Editor, 2010 .528p.

Industrial, en el siglo XIX se logra independizar a la ingeniería mecánica de las otras áreas de la ingeniería[7].

4.3 OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO

El objetivo del mantenimiento debe ser siempre, buscar el aseguramiento de la competitividad de la empresa, por medio de la confiabilidad del sistema de molienda, es decir disminuir el número de fallas que generan la parada del sistema para cumplir su labor, asegurando la calidad, seguridad y medio ambiente.

Los objetivos se plantean como algo medible y cuantificable, por medio de actividades cuya realización permitan que el sistema de molienda funcione con un alto grado de confiabilidad de sus equipos, con la ayuda de la informática se alcanzarán unos objetivos específicos como:

- Optimización de la disponibilidad del sistema de molienda
- Optimización de los costos de mantenimiento
- Optimización de los recursos humanos
- Maximización de la vida útil de los activos

4.4 EFECTIVIDAD DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

La estrategia del plan de mantenimiento preventivo por sí solo no garantiza la efectividad en las tareas de mantenimiento; es necesario, planificar, programar y coordinar la intervención para lograr una correcta ejecución, con los beneficios que la preceden. Además la persona encargada de la programación, realizará la previsión y asignación de recursos, como: mano de obra especializada, material, repuestos, herramientas y tiempo disponible. Todo ello para eliminar las demoras por:

- Materiales faltantes
- Herramientas faltantes
- Documentación técnica faltante
- Descoordinación con producción
- Incorrecta selección de especialidades por técnico

Se pueden aplicar las mejores estrategias y técnicas de mantenimiento, pero si la organización presenta demoras en la gestión de la información, compra de materiales y repuestos, el plan de mantenimiento preventivo no será entonces, efectivo y eficiente, desperdiciando así los recursos y esfuerzos asignados.

[7] MORA, op. Cit, p.45

En síntesis para implementar buenas prácticas de mantenimiento, es necesario:

- Establecer procedimientos
- Realizar instructivos paso a paso de montajes de gran dificultad
- Disponer de la documentación técnica, manuales y planos necesarios.
- Contar con las herramientas necesarias para la ejecución de las tareas de mantenimiento.
- Capacitación y entrenamiento.
- Tener tiempos establecidos de mantenimientos preventivos y analizar su correcta asignación.

4.5 GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO Y SU APLICACIÓN AL MANTENIMIENTO

El conocimiento surge cuando una persona considera, interpreta y utiliza la información de manera combinada con su propia experiencia y capacidad. El conocimiento es la capacidad de actuar, procesar e interpretar información para generar más conocimiento o dar solución a un determinado problema[8]. Con la gestión del conocimiento se puede lograr aprovechar y reutilizar todo este recurso existente en la organización, de tal forma que las personas puedan seleccionar y aplicar las mejores prácticas siempre.

Dentro de las actividades internas de la empresa, el mantenimiento necesita conocimientos técnicos bien estructurados, alta experiencia en el personal, tradicionalmente ha sido la estructura con mayor conocimiento técnico, sus funciones afectan directamente la fiabilidad de los sistemas e instalaciones, reduciendo paradas no programadas y mejorando la actuación ante eventos críticos; se ve entonces la necesidad de una adecuada gestión del conocimiento dado que puede tener un gran valor estratégico para la empresa.

4.6 TIPOS MANTENIMIENTO

4.6.1 Mantenimiento correctivo o por fallas

Ventajas

- No se requiere una gran infraestructura técnica ni elevada capacidad de análisis.
- Máximo aprovechamiento de la vida útil de los equipos

Desventajas

[8] CÁRCEL CARRASCO, Javier. Planteamiento de un modelo industrial basado en técnicas de la gestión conocimiento. Valencia, Omniascience. 2014. 320p

- Las fallas se presentan de manera imprevista, afectando la producción
- Existe riesgo por fallas de elementos difíciles de adquirir, lo que implica la necesidad de un inventario de repuestos importantes.
- Baja calidad de mantenimiento como consecuencia del poco tiempo disponible para reparar[9].

4.6.2 Mantenimiento preventivo en base a las horas de funcionamiento

Ventajas

- Importante reducción de paradas imprevistas en equipos
- Solo es adecuado cuando, por naturaleza del equipo, existe una cierta relación entre probabilidad de fallas y duración de la vida del equipo
- Permite llevar un mejor control y planeación sobre el propio mantenimiento a ser aplicado en los equipos

Desventajas

- No se aprovecha la vida útil completa del equipo
- Aumenta el gasto y disminuye la disponibilidad si no se elige convenientemente la frecuencia de las acciones preventivas.
- Se requiere tanto de experiencia del personal de mantenimiento como de las recomendaciones del fabricante para hacer el programa de mantenimiento a los equipos.

4.6.3 Mantenimiento predictivo

Ventajas

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

Desventajas

- Requiere personal mejor formado e instrumentación de análisis costosa.

[9] GONZALES, Op. cit, p.80

4.6.4 Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM)

El RCM (Realiability Centered Maintenance) reestructura todo el plan de mantenimiento, luego de realizar un análisis de fallos, se basa en la búsqueda de las posibles situaciones perjudiciales para el sistema, en base a:

- Analizar con una metodología rigurosa y auditable cada tipo de fallo o avería, de la forma más estricta y profunda, estudiando el modo y forma en que se producen dichos fallos y como éstos se traducen en costos y repercusiones.

- La productividad global del Departamento de Mantenimiento, debe mejorarse mediante una forma de trabajo más avanzada, proactiva y planificada y no haciendo mantenimientos inútiles[10].

Los mantenimientos deben basarse en la integración de técnicas, no en la exclusividad de las mismas, y de ahí se derivan gran parte de los fracasos de los consultores, al intentar aplicar una única técnica y centrar todo el futuro plan de mantenimiento en su forma de pensar[11].

El mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) es una metodología de análisis sistemática, objetiva y documentada; es muy útil para el desarrollo u optimización de un plan eficiente de mantenimiento. Analiza todos y cada uno de los sistemas y cómo estos pueden llegar a presentar fallas, el objetivo principal es que los esfuerzos de mantenimiento deben estar dirigidos a mantener la función que realizan los equipos, esto implica conocer con gran detalle las condiciones o modos de fallo que la interrumpen o dificultan.

El RCM es una metodología estructurada basada en un árbol de decisiones, su éxito depende en gran parte de la experiencia de los operarios y el supervisor de la planta, esta metodología es abierta y no es difícil caer en la falla de hacer análisis tan detallados y exhaustivos que los tiempos para su implementación sean demasiado largos, mientras que el sistema sigue con problemas de paradas inesperadas y fallas no previstas.

10 GONZALES, Op. cit, p.82

11 TROFFE, Mario, Base dinámica de datos confiabilidad. En: Petrotecnia. (Junio-2007)

5. NORMAS EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

5.1 ISO 14224- INDUSTRIAS DEL PETRÓLEO, PETROQUÍMICA Y GAS NATURAL- RECOLECCIÓN E INTERCAMBIO DE DATOS DE CONFIABILIDAD.

El sistema de control de mantenimiento de las instalaciones constituye la principal fuente de datos de confiabilidad y mantenimiento de los equipos. La calidad de los datos obtenidos de esta fuente depende, en primera instancia, de la manera en que se reportan. Por lo tanto es importante aplicar el lenguaje consistente y único en la recolección y registro de fallas en cualquier operación.

Esta norma internacional es una herramienta que ayudará a la recolección de datos de confiabilidad en la gestión del mantenimiento. Está diseñada para las áreas de perforación, producción, refinación, transporte de petróleo y gas natural, y en si a la industria en general, esta norma está a su vez basada en la metodología del RCM (*Reability center managment*)[12].

PRINCIPALES OBJETIVOS

- Análisis del diseño y configuración del sistema.
- Análisis de la confiabilidad, disponibilidad y seguridad de los sistemas.
- Análisis del costo del ciclo de vida.
- Análisis del planeamiento, ejecución y optimización de la gestión del mantenimiento.
- Asegurar que los datos sean de altamente confiables y de calidad, para el efectivo análisis que se pretende realizar.

Esta Norma Internacional recomienda una cantidad mínima de datos que necesita ser recopilada y este se enfoca en dos cuestiones principales:

- Los requerimientos de datos para el tipo de datos a ser recopilados para el uso en diversas metodologías de análisis.
- Formato de datos normalizados para facilitar el intercambio de datos de mantenimiento y confiabilidad entre plantas, propietarios, fabricantes y contratistas.
- Las siguientes categorías principales de datos que han de ser recopiladas.
- Datos del equipo, ej. Clasificación de equipos, atributos de los equipos.
- Datos de falla, ej. causa de falla, consecuencia de falla.

[12] ISO 14224-2006, Industrias del petróleo, petroquímica y gas natural recolección e intercambio de datos de confiabilidad.

- Datos de mantenimiento, ej. acciones de mantenimiento, recursos empleados, consecuencia del mantenimiento, tiempo muerto.

La norma está orientada al registro de fallas, con posibilidades de diversas aplicaciones como, definir la jerarquía de los equipos de operación, calificar la jerarquía de las fallas.

Parte desde el modo de falla, (pérdida de la función) hasta el detalle de la causa de falla y el componente (ítem mantenible), que provoca el evento.

Las áreas principales donde tales datos son utilizados son los siguientes:

- Confiabilidad:
  Ej. Eventos de falla y mecanismos de falla.
- Disponibilidad/eficiencia:
  Ej. Disponibilidad de equipos, disponibilidad del sistema, disponibilidad de la producción de la planta.
- Mantenimiento:
  Ej. Mantenimiento correctivo y preventivo, soporte del mantenimiento.
- Seguridad y medioambiente:
  Ej. Fallas de equipos con consecuencias adversas para la seguridad y /o el medioambiente[13].

ESTRUCTURACIÓN DE JERARQUÍAS ISO 14224.

La norma ISO 14224 toma la máquina dividiéndola de mayor a menor jerarquía o grado de detalle:

- Clases.
- Sistema.
- Sub sistema.
- Ítem Mantenible.

CLASES DE EQUIPOS

A partir de la estructura presentada por la norma, acorde a un orden de jerarquía, se establecen cuáles son las clases de equipos (siendo este el nivel más alto), se las puede asociar a funciones, cada una en su contexto operacional; entendiendo por función de acuerdo con la definición de RCM**,** a las razones por las cuales un equipo existe dentro del proceso.

13 ISO 14224-2006, op. cit, p.11

SISTEMAS

Bajo los conceptos de RCM / FMEA, y así lo toma la Norma ISO 14224, se considera sistema un conjunto que realiza una función específica, en un servicio determinado dentro del Proceso, pudiéndose identificar una entrada y una salida.

Incluyen todos los equipamientos disponibles para la operación de los mismos y, en general, comparten muy pocas partes con otros sistemas. Como norma genérica para la fijación de sus límites, se pueden tomar todas las válvulas que lo aíslan.

Para el caso de la norma quedan clasificados por:

- Tipos de equipos
- Aplicación

Ejemplos de Sistemas:

- Sistema de Bomba Centrífuga Agua de Inyección
- Sistema de Bomba Alternativa Trasvase de Petróleo

SUB SISTEMAS

Son aquellos Equipos que posibilitan que el Sistema realice su función operativa y se pueden dividir por sus funciones específicas. Todo Equipo calificado como Sub Sistema que falle, afecta directamente al Sistema.

Por ejemplo, el Control, Monitoreo e Instrumentación (o instrumentación), pueden considerase como Unidad.

ITEM MANTENIBLE – COMPONENTE DE DETALLE

La unidad final de la división es el Ítem mantenible (componente), entendiendo como tal a las partes de los equipos sobre las cuales es necesario realizar acciones de mantenimiento, con el objeto de alcanzar la confiabilidad deseada.

Analizado desde otro punto de vista, Ítem mantenible es aquella parte en que su falla, provoca una pérdida de la capacidad del Sistema, calificadas en los modos de falla, para que continúe operando dentro de las condiciones especificadas o determinadas para un Proceso.

5.2 NORMAS SAE-JA 1012 (NORMA DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (MCC))

Esta norma nos brinda mucha información sobre temas como:

- Funciones
- Fallas Funcionales
- Modos de Falla
- Efectos de Falla
- Tareas basadas en la condición
- Planificación
- Documentación
- Rol del Software Computacional
- Recolección de datos[14].

[14] SAE-JA 1012-2002, Guía para la Norma de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC).

6. GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO

6.1 TEORÍA DE FALLAS

La finalidad de este capítulo es comprender los tipos de fallas que existen en los materiales, para prevenir las fracturas, desgaste, corrosión, etc…

La falla es una condición no deseada que hace que el componente no cumpla su función para la cual existe, estas pueden iniciar eventos perjudiciales como:

- Sustitución y reemplazo de la máquina.
- Perdida del producto.
- Reparaciones costosas.
- Dañar otras partes.
- Pérdida económica.
- Accidentes.

Las fallas se pueden presentar de dos formas: una cuando ocurre la fractura del material y la otra cuando existe una deformación gradual y permanente del material que se puede identificar con cambios de forma o de posición de las piezas, por ello es fundamental conocer qué tipo de falla es, para actuar consecuentemente con un método eficaz de detección y eliminación[15].

Una falla se puede identificar fácilmente cuando:

- El componente (Item-Mantenibe) queda completamente inservible.
- La máquina no funciona a su máximo rendimiento, con los estándares normales o no cumple satisfactoriamente su labor.
- El sistema es poco fiable, debido a las concurrentes fallas.

Generalmente estas fallas se presentan debido a alguna causa bien definida como:

- Deficiente diseño o mala selección de material.
- Imperfecciones del material, ya sea del proceso de molienda, o de los materiales que lo componen.
- Deficiencia del montaje.
- Falta de control de calidad y mantenimiento.
- Factores ambientales.
- Incorrecto uso.

15 GARCIA, op. Cit, p.100

6.2 TIPOS DE FALLAS

Fallas por desgaste:

Se presentan cuando existe pérdida de material en la superficie del elemento, puede ser abrasivo, adhesivo y corrosivo. También la podemos catalogar como una falla de lubricación o engrase, por la falta del mismo o por una mala selección de marca y referencia.

Fallas por fatiga superficial:

Se presenta por los esfuerzos en la superficie del material.

Fallas por fractura:

Se presentan cuando hay una fatiga del material, llevándolo hasta la fractura, que puede ser frágil, cuando ocurre antes o durante la deformación plástica, esto ocurre cuando el material está sometido a esfuerzos muy elevados o dúctil, cuando ocurre después de que el material es sometido a una deformación plástica excesiva, se reconoce por, formación de cuello de botella, deformación plástica, elongación del material, reducción del nivel de material.

6.3 DISTRIBUCIÓN DEL TIEMPO EN LA REPARACIÓN DE UNA AVERÍA

- Tiempo de detección: es el tiempo que transcurre entre el origen de la falla y su detección. Hay una relación entre el tiempo de detección y el tiempo de resolución total: cuanto antes se detecte la avería, en general, habrá causado menos daño y será más fácil y más económica su reparación. Es posible reducir este tiempo si se desarrollan sistemas que permitan detectar fallos en su fase inicial, como inspecciones rutinarias diarias, comprobación de parámetros de funcionamiento, y formación adecuada del personal de producción[16].

- Tiempo de comunicación: es el tiempo que transcurre entre la detección del problema y localización del equipo de mantenimiento. Una buena organización de mantenimiento hará que este tiempo sea muy corto, incluso despreciable en el total de tiempo transcurrido. Para reducir este tiempo, debe existir un sistema de comunicación ágil, que implique al menor número de personas posible, y debe disponerse de medios que permitan comunicarse con el personal de mantenimiento sin necesidad de buscarlo físicamente.

16 GARCIA, op. Cit, p.1o3

- Tiempo de espera: es el tiempo que transcurre desde la comunicación de la avería hasta el inicio de la reparación. Este tiempo se ve afectado por varios factores: N° de operarios de mantenimiento de que se disponga, complicación o simplicidad del sistema de gestión de órdenes de trabajo, medidas de seguridad que sea necesario adoptar, y distancia del taller de mantenimiento a la planta, entre otras. Es posible reducir este tiempo si se dispone de una plantilla adecuadamente dimensionada, si se dispone de un sistema ágil de gestión de órdenes y de obtención de permisos de trabajo, y si la distancia del taller hasta los equipos es mínima (la ubicación óptima del taller de mantenimiento es, por ello, el centro de la planta).

- Diagnóstico de la avería: es el tiempo necesario para que el operario de mantenimiento determine qué está ocurriendo en el equipo, organización y gestión integral de mantenimiento llegando al punto de cómo solucionarlo. Este tiempo se ve afectado por varios factores: formación y experiencia del personal, por la calidad de la documentación técnica disponible (planos, históricos de averías, listas de averías y soluciones, repuestos, procedimientos, etc.). Es posible reducir este tiempo si se dispone de planos y manuales en las proximidades de los equipos (no siempre es posible) y si se elaboran listas de averías en las que se detallen síntoma, causa y solución de las averías que se han producido en el pasado o que puedan producirse[17].

- Acopio de herramientas y medios técnicos necesarios: este tiempo suele verse afectado por la distancia de los talleres o lugares de almacenamiento de la herramienta al lugar de intervención, por la previsión de los operarios a la hora de llevar consigo el herramental que creen puedan necesitar cuando se les comunica la necesidad de intervención y por la cantidad de medios disponibles en planta.

- Acopio de repuestos y materiales: es el tiempo que transcurre hasta la llegada del material que se necesita para realizar la intervención. Incluye el tiempo necesario para localizar el repuesto en el almacén (en el caso de tenerlo en stock), realizar los pedidos pertinentes (en caso de no tenerlo), para que el proveedor los sitúe en la planta, para acondicionarlos (en caso de que haya que realizar algún trabajo previo), para verificar que alcanzan sus especificaciones y para situarlos en el lugar de utilización. Este tiempo se ve afectado por la cantidad de material que haya en stock, por la organización del almacén, por la agilidad del departamento de compras, y por la calidad de los proveedores. Para optimizar este tiempo, se debe

[17] GARCIA, op. Cit, p.1o7

tener un almacén adecuadamente dimensionado, con una organización eficiente, un servicio de compras rápido, y contar con unos proveedores de calidad y vocación de servicio.

- Reparación de la avería: es el tiempo necesario para solucionar el problema surgido, de manera que el equipo quede en disposición para producir. Se ve muy afectado por el alcance del problema y por los conocimientos y habilidad del personal encargado de su resolución. Para optimizar este tiempo es necesario disponer de un sistema de mantenimiento preventivo que evite averías de gran alcance, y disponer de un personal eficaz, motivado y muy bien formado.

- Pruebas funcionales: es el tiempo necesario para comprobar que el equipo ha quedado adecuadamente reparado. El tiempo empleado en realizar pruebas funcionales suele ser una buena inversión: si un equipo no entra en servicio hasta que no se ha comprobado que alcanza todas sus especificaciones, el número de órdenes de trabajo disminuye. Para optimizar este tiempo es conveniente determinar cuáles son las mínimas pruebas que se deben realizar para comprobar que el equipo ha quedado en perfectas condiciones, y redactar protocolos o procedimientos en que se detalle claramente qué pruebas es necesario realizar y cómo llevarlas a cabo.

- Puesta en servicio: es el tiempo que transcurre entre la solución completa de la avería y la puesta en servicio del equipo. Está afectado por la rapidez y agilidad de las comunicaciones. Para optimizarlo, es necesario disponer de sistemas de comunicación eficaces y de sistemas agiles que no supongan un obstáculo a la puesta en marcha de los equipos.

- Redacción de informes: el sistema documental de mantenimiento debe recoger al menos los incidentes más importantes de la planta, con un análisis en el que se detallen los síntomas, la causa, la solución y las medidas preventivas adoptadas[18].

6.4 ASIGNACIÓN DE PRIORIDADES

En el área del mantenimiento uno de los principales problemas en el planeamiento es no gestionarse adecuadamente las órdenes de trabajo de tipo correctivo, lo cual consiste en priorizar las diferentes órdenes que se generan.

18 GARCIA, op. Cit, p.1o9

Las plantillas de mantenimiento son cada vez más reducidas, buscando un lógico ahorro en costos. Por ello, no es posible tener personal esperando en el taller de mantenimiento a que llegue una orden de trabajo para intervenir. Cuando se produce una avería, el personal generalmente está trabajando en otras, y tiene una carga de trabajo acumulado. Se hace pues necesario crear un sistema que permita identificar qué averías son más urgentes y deben ser atendidas de forma prioritaria. Los niveles de prioridad pueden ser muchos y muy variados, pero en la mayoría de las empresas que poseen un sistema de asignación de prioridades se establecen al menos los siguientes niveles:

Fallas urgentes: son las que debe buscar solución inmediatamente, si se da espera puede perjudicar notablemente a las empresas

Fallas importantes: aunque generan un cambio en el funcionamiento normal y sus estándares de la planta pueden esperar a que todas las averías urgentes estén resueltas.

Fallas en las que su mantenimiento puede programarse: pueda que sea recomendable esperar a que ocurra una parada del equipo o simplemente que el trastorno que causan es poco, y es más práctico acumular otras órdenes con el mismo tema o equipo.

Los niveles que se vayan a manejar se pueden subdividir en tantos como pueda ser más aconsejable para una buena gestión del mantenimiento correctivo.

Una vez definidos los niveles de prioridad, es necesario definir un sistema para asignar prioridades a cada avería. Muchas empresas no definen con claridad este sistema, dejándolo al juicio subjetivo de alguien (programador, jefe de mantenimiento, encargado, etc.). La consecuencia en muchos casos es que la mayoría de averías que se comunican tienen la prioridad máxima.

El sistema de asignación de prioridades debe ser diseñado al establecer los niveles, pero al menos debería tener en cuenta los siguientes puntos:

Una avería que afecte a la seguridad de las personas y/o al medio ambiente debe ser considerada urgente. Si se detecta que un ítem de emergencia ha dejado de funcionar, o el soporte de un elemento que puede caer ofrece dudas sobre su resistencia, su prioridad debería ser máxima[19].

Las averías que generan parada de equipos críticos por producción deben ser consideradas urgentes. En aquellos equipos que sean cuellos de botella o de los que dependa la cantidad producida total, una parada debe ser atendida de forma preferente.

19 GARCIA, op. Cit, p.110

En la figura de la página siguiente se detalla un diagrama de flujo para la asignación de prioridades, en un sistema con cuatro niveles de prioridad:

- Nivel 1. Averías urgentes. reparación inmediata. Es prioritaria frente a cualquier otra avería, a excepción de otras urgentes.
- Nivel 2. Averías importantes: no es necesario que la reparación sea inmediata, pero debe realizarse cuanto antes.
- Nivel 3. Averías a programar con fecha determinada.
- Nivel 4. Averías a programar con fecha no determinada: son averías cuya reparación debe esperar a que se produzca una parada del equipo.

ASIGNACIÓN DE PRIORIDADES

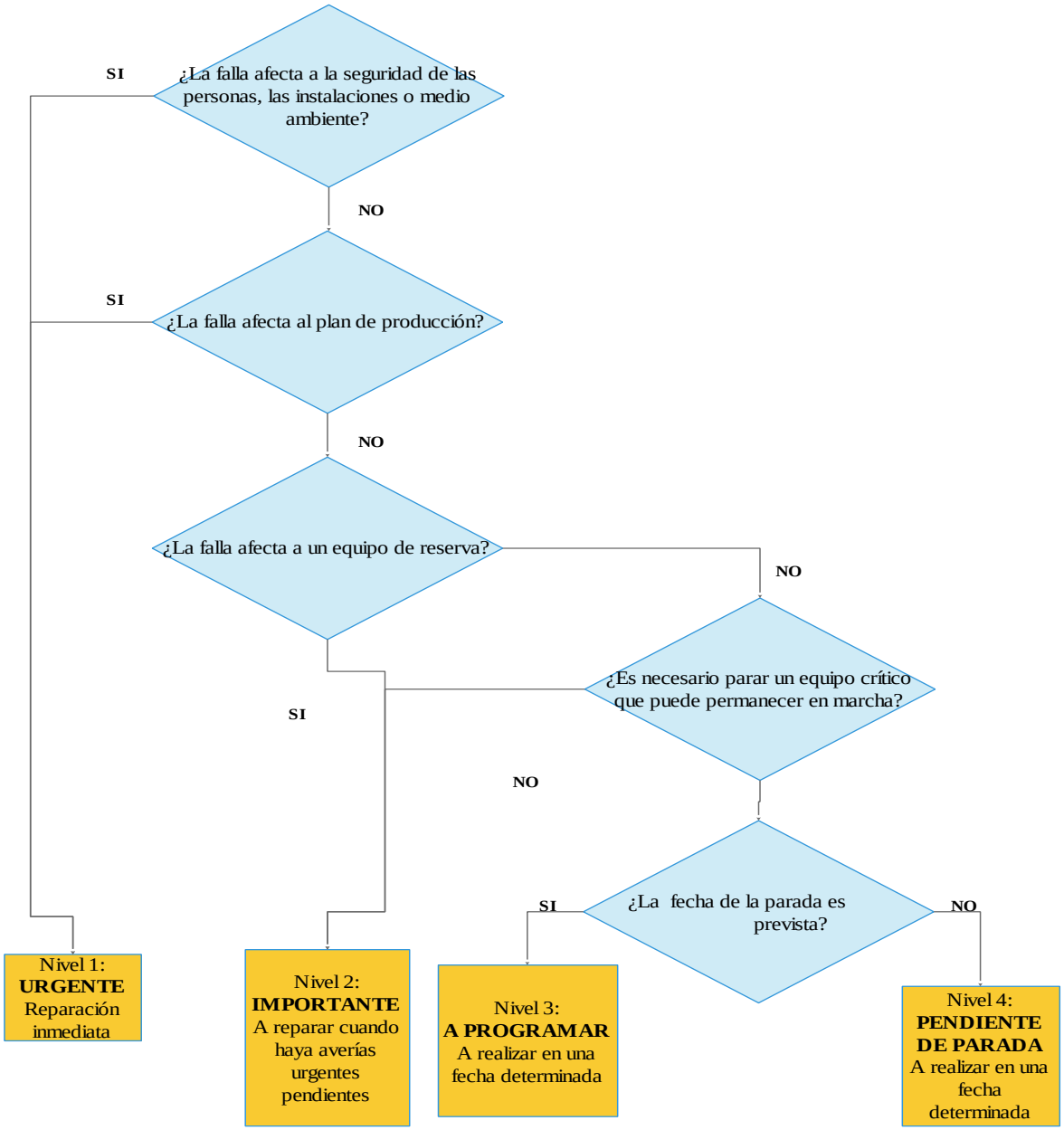


Figura 5. Asignación de prioridades
Fuente: Autores

6.5 LISTA DE AVERÍAS Y AYUDAS AL DIAGNÓSTICO.

El tiempo necesario para la solución de una avería es el tiempo que se utiliza en diagnosticar la falla, en identificar el problema y proponer una solución a la avería o falla. En averías evidentes, este tiempo pasa desapercibido, es despreciable frente al tiempo total. Pero en muchas ocasiones el tiempo necesario para saber qué ocurre puede ser significativo:

- En caso de instalaciones nuevas, poco conocidas.
- En caso de emplear personal distinto del habitual.
- En caso de averías poco evidentes (caso, por ejemplo, de averías que tienen que ver con la instrumentación).

El personal a medida del tiempo va aprendiendo a realizar mejor las tareas de la organización con su experiencia, siendo una realidad que el diagnóstico de una avería, suele hacerlo más rápido el personal que más tiempo lleva en la empresa, si la experiencia adquirida se queda en una o unas pocas personas y no se estandariza los métodos, se expone algunos peligros:

- Rotación del personal: El personal cambia de industria, cargos, áreas; y con él puede marcharse la experiencia acumulada en las diferentes áreas.
- Periodo de vacaciones y bajas: Si la experiencia se almacena exclusivamente en las mentes del personal, ante una baja, un descanso o unas vacaciones se puede quedar la empresa sin experiencia e incurrir en problemas de producción o tareas necesarias
- Olvido: La mente es un soporte frágil, y un operario puede no acordarse con exactitud de cómo resolvió un problema determinado y al ocurrirse nuevamente se necesitara nuevamente experimentar y mirar él porque del problema o falla.
- Incorporación de personal: el personal de nueva incorporación deberá formarse al lado de los operarios que tienen más experiencia en la planta. Esta práctica tan extendida no es a menudo la más recomendable. Un buen operario no tiene por qué ser un buen profesor. Por otro lado, se debe esperar a que a un operario le ocurran todas las averías posibles para tenerlo perfectamente operativo, transcurrirán años hasta llegar al máximo de su rendimiento.

Por este motivo, es recomendable documentar la experiencia acumulada en las intervenciones correctivas en documentos, los cuales tienen un acceso fácil para cuando vuelva a ocurrir el mismo problema se puedan consultar y tener un punto de partida, estos documentos se pueden denominar como lista de ayuda al diagnóstico. Para el caso de esta propuesta de plan de mantenimiento, se tendrá acceso en el software a una sección llamada

"REPORTE DE AVERIA" la cual quedara registrada en el historial de mantenimientos para cuando se presente nuevamente el problema, el operario o encargado de mantenimiento pueda acceder a información relacionada rápida y fácilmente.

En las listas de esta información se recomienda detallar los siguientes aspectos:

- Los síntomas de la avería, en palabras sencillas. Debe estar indicado lo que observa el operario: la manifestación del fallo y las anomalías que se dan relacionadas con este. Así, un fallo será que una bomba no bombea fluido, y las condiciones anómalas relacionadas (también denominado a veces modo de fallo) serán que el motor está bloqueado y no gira.

- Las causas que pueden motivar ese fallo. En el ejemplo anterior, indicaríamos bloqueo de rodamientos en la bomba, bloqueo de rodamientos en el motor, etc.

7. ANALISIS DE OPERACION DEL SISTEMA DE MOLIENDA

7.1 ANÁLISIS DE MODO DE FALLA Y EFECTO (AMFE).

Es un método riguroso de análisis que utiliza todas las experiencias, datos y competencias de los estudios, métodos, logística, mantenimiento y fabricación. Es un método inductivo y cualitativo que permite hacer una inspección al conjunto de piezas de un sistema o instalación, definiendo:

- Los tipos de fallos existentes y potenciales
- Causas posibles de fallos
- Consecuencias
- Medios para evitar consecuencias

El objetivo de esta metodología es identificar causas de fallos aún no producidos, evaluando su criticidad (teniendo en cuenta su frecuencia de ocurrencia y su gravedad). Permite identificar preventivamente los fallos más graves, lo que resultan unas políticas de mantenimiento para estar preparado, prever y contar con los repuestos. Lo que se busca con la aplicación de esta metodología es encontrar tipos de fallos, sus causas y su efecto[20] .

Se realiza mediante una tabla estructurada que guía el análisis

1. Funciones:
   Se describen las especificaciones los estándares de funcionamiento y expectativas de desempeño que se exigen al activo físico que se está analizando. Cubren por tanto no solo el área de la producción, sino también en áreas de estandarización y calidad del producto, control, protección, cumplimiento de normas medio ambientales entre otras.

2. Fallo funcional:
   Se refiere a la falta o incumplimiento de la función. Se define como la incapacidad de realizar su función una pieza o sistema para satisfacer el estándar para lo que ha sido diseñado.

20 NAVARRO.Óp. cit.,p 37

3. Modo de falla:
   Forma en el que el dispositivo o sistema deja de funcionar normalmente; el modo de falla es relativo de acuerdo a cada función de cada mecanismo, en términos físicos se expresa como aflojamiento, atascamiento, fatiga, fuga, cortocircuito, etc.

4. Causa - raíz:
   Detección de anormalidad iniciando que puede conducir a una falla, un mismo tipo de fallo puede conducir a varias causas: falta de lubricación, lubricante incorrecto, exceso de vibración, suciedad, etc.

5. Consecuencia:
   Efectos en el sistema, producción, calidad del producto, inclusive en el entorno.
   La valoración de la siguiente tabla proporciona una estimación numérica de parámetros de acuerdo a la siguiente estimación de cada ítem:

- Frecuencia:

  Imposible (1 - 2)

  Remoto (3 - 4)

  Ocasional (5 - 6)

  Frecuente (7 - 8)

  Muy frecuente (9-10)

- Gravedad:

  Insignificante (1-2)

  Moderado (3-4)

  Importante (5-6)

  Critico (7-8)

  Catastrófico (9-10)

- Detección:

Probabilidad de detección muy elevada (1-2)

Probabilidad de detección elevada (3-4)

Probabilidad de detección moderada (5-6)

Probabilidad de detección escasa (7-8)

Probabilidad de detección muy escasa (9-10)

El número de prioridad de riesgos (NPR) permite priorizar las acciones a tomar

7.2 DIAGRAMA DE ISHIKAWA (CAUSA Y EFECTO).

También conocido como diagrama causa - efecto o espina de pescado, es una representación gráfica en forma de las espinas de un pescado de las relaciones lógicas existentes entre las causas que producen un problema o situación.

Es una herramienta que brinda por medio de una sola figura, todas las causas asociadas a una avería y sus posibles relaciones, ayuda a clasificar las causas en relaciones mutuas. Es por ello que es una herramienta de análisis aplicable a determinar causas por fallos o averías.

El desarrollo de este método es una forma muy sencilla de contemplar por separado causas físicas y causas latentes por medio de (método de procedimientos, maquinas, materiales, medio ambiente, mano de obra) y la representación gráfica fácil que ayuda a analizar y presentar las causas asociadas a un efecto concreto[21].

Los pasos para realizar el método son los siguientes:

1. Formular bien el problema, avería o fallo que se va a analizar.

2. Subdividir las causas en familias. Se aconseja el método de las 4M (Métodos, Máquinas, Materiales, Mano de Obra), para agrupar las distintas causas, aunque de acuerdo a la falla o avería se puede generar otro tipo de clasificación.

3. Generar para cada familia, una lista de todas las posibles causas. Responder sucesivamente ¿Por qué ocurre? hasta considerar agotadas todas las posibilidades.

21 NAVARRO.Óp. cit.,p 169

En la figura siguiente se presenta a modo de ejemplo el Diagrama de Ishikawa para el fallo de un rodamiento (Resumen de causas posibles de fallo de un rodamiento).

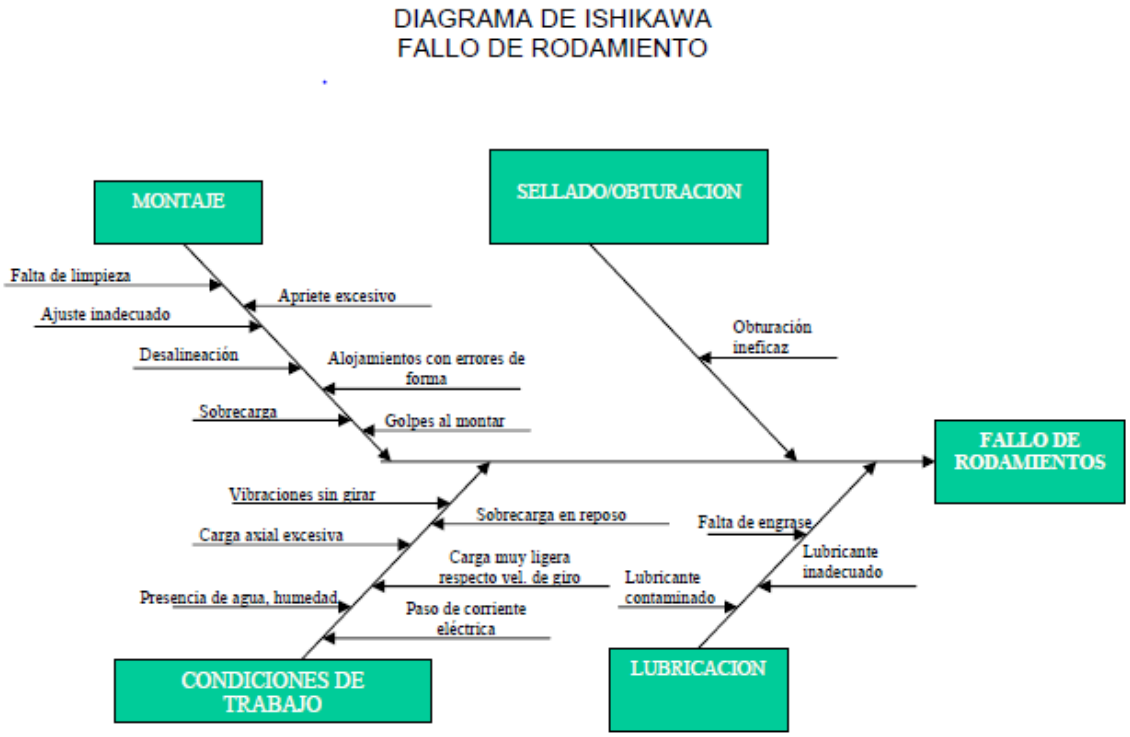


Figura 6. Diagrama de Ishikawa
Fuente: Técnicas de mantenimiento industrial

7.3 DIAGRAMA DE PARETO

Es una herramienta la cual por medio de representaciones gráficas relacionadas con problemas en los diferentes procesos, que ayudan a identificar y seleccionar los aspectos prioritarios que hay que tratar.

También se conoce como diagrama de ABC o ley de prioridades 20 – 80, que dice el 80% de los problemas que ocurren en los diferentes procesos, son ocasionados por el 20 % de problemas generados en la fábrica.

Para conseguir una mejora continua con análisis por medio de esta herramienta de selección se conocen los problemas más críticos, la fase A consiste en concretar el problema y seleccionar una causa.

Esta herramienta tiene la a ventaja de concentrarse en el 20 % de los elementos que provocan el 80% de los problemas, en vez de tomar todos los problemas y no resolverlos adecuadamente; Se cuantifican las mejoras que se van solucionar de los problemas encontrados[22].

Los pasos para la realización del método son:

1. Anotar en orden de mayor a menor, los fallos o averías a analizar de acuerdo a cada tipo de máquina, conjunto de instalación, sistema de un proceso, consumo de repuestos, etc.
2. Calcular y anotar al lado de cada fallo el peso en porcentaje de acuerdo a la frecuencia de cada uno y el total de todos los fallos que se están analizando (%).
3. En la siguiente columna al lado derecho se diligenciara el valor acumulado de todos los porcentajes (% acumulado)

Representar los elementos en porcentajes decrecientes de izquierda a derecha (histograma) y la curva de porcentaje acumulado (curva ABC).

22 NAVARRO.Óp. cit.,p 168

8. GESTIÓN DE REPUESTOS

En cualquier sistema productivo industrial, para poder conseguir un nivel de disponibilidad aceptable de la máquina, es necesario mantener un stock de recambios cuyo peso económico es, en general aceptable.

8.1 REPUESTOS A MANTENER EN BODEGA.

Lo primero es definir que piezas deben permanecer en stock. El riesgo que se corre es tener almacenes excesivamente dotados de piezas de bajo consumo. Como consecuencia se generan incrementos financieros, debido al espacio ocupando para el almacenamiento y las correspondientes medidas que debemos tener para su conservación y control. En caso contrario, un almacén poco dotado de piezas de recambio, genera largos periodos de reparación e indisponibilidad de las máquinas.

Para facilitar la gestión debemos clasificar el stock en distintos tipos, como:

- Stock crítico: son las piezas especificadas de máquinas clasificadas como críticas, se debe darle un tratamiento especial para evitar su indisponibilidad.
- Stock de seguridad: para piezas de muy improbable avería pero que son indispensables de mantener en stock, por el tiempo elevado de reaprovisionamiento y grave influencia en la producción.
- Piezas de desgaste seguro: constituyen la mayor parte de piezas a almacenar (cojinetes,)
- Materiales genéricos: son aquellas que por su elevado consumo, es imprescindible tenerlas en stock.

8.2 LOTE ECONÓMICO DE COMPRA.

La gestión de stocks de repuestos, trata de determinar, en función del consumo, tiempo de reaprovisionamiento y el riesgo de falta de repuestos dispuestos a permitir, el punto de pedido (cuando pedir) y el lote económico (cuanto pedir).

El objetivo no es más que determinar los niveles de stock a mantener de cada pieza de forma que minimice el coste almacenamiento, más la perdida de producción por la falta de repuestos[23].

23 GARCIA, op. Cit, p.123

9. GESTIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE MOLIENDA

Después de elaborar la lista de máquinas, e identificar los componentes mantenibles del sistema de molienda, aplicando la metodología de análisis de fallas (AMFE), y con ayuda de la información suministrada por la empresa, del historial de mantenimiento de los dos últimos años, se definen tareas y frecuencias de ejecución de mantenimiento preventivo que mejor se ajustan a cada máquina, para asegurar su disponibilidad, y así garantizar la efectividad del plan de mantenimiento, garantizando el cumplimiento de la función de cada componente, reduciendo las perdidas por paradas inesperadas, que afectan de manera directa la producción, generando pérdidas económicas, dificultando el retorno de la inversión en el menor tiempo posible, razones por las cuales se propone un plan de mantenimiento acorde a la situación actual del sistema de molienda de la empresa.

El plan de mantenimiento es un documento que contiene el conjunto de tareas de mantenimiento programadas definidas en base a:

- Manuales de fabricantes.
- Análisis AMFE.
- Registro del historial de mantenimientos realizados a lo largo del tiempo.
- Entrevista con el supervisor y operarios del departamento de mantenimiento.

El plan de mantenimiento es un documento vivo, pues sufre de continuas modificaciones, resultado del análisis del registro de averías, historial de mantenimiento, análisis de los indicadores de gestión, que se presentan en el sistema de molienda.

9.1 PLANEACIÓN DEL MANTENIMIENTO

Es el proceso por medio del cual, se determinan y pronostican las intervenciones de mantenimiento, así como todos los elementos requeridos para realizar la intervención antes de iniciar el trabajo, disminuyendo la incertidumbre en el proceso de planeación[24].

La planeación se puede originar debido a dos grandes circunstancias:

- El mantenimiento preventivo o programado, donde se encuentran las tareas ya definidas o, se puede crear una tarea nueva dependiendo del análisis hecho al "Historial de mantenimiento" presente en el SOFTWARE.
- El mantenimiento correctivo, en el cual se debe determinar la causa de la repetición de la falla o avería, analizando su patrón de falla en el historial de mantenimientos.

[24] DUFFUA, SALIH O., A., RAOUF y CAMPBELL, DIXON. Sistemas de mantenimiento planeación y control. Mexico, D.F : LIMUSA, S.A. de C.V. GRUPO NORIEGA EDITORES, 2000.

La planeación implica prever los recursos necesarios para la ejecución de la tarea de mantenimiento cumpliendo con las metas de gestión propuestas para los índices de disponibilidad, confiabilidad, mantenibilidad (World Class Managment).

La planeación del mantenimiento determina el nivel óptimo de recursos requeridos para satisfacer la carga de mantenimiento prevista, comprende los siguientes pasos:

- Determinar la carga total de mantenimiento.
- Estimar los repuestos y materiales necesarios.
- Determinar el equipo y herramientas necesarios.
- Determinar las habilidades y el número de trabajadores de cada especialidad.

Esta es la razón por la cual la planeación es un requisito previo para la programación acertada.

9.2 PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO.

Es el proceso mediante el cual se asignan trabajos con recursos y se define la frecuencia para su ejecución, teniendo en cuenta:

- Programar los trabajos más prioritarios que reflejen urgencia o un grado crítico de trabajo.
- Verificar la existencia de los repuestos.
- Concordar tiempos con producción, para evitar su interrupción.
- La duración de los trabajos, posibilidad de combinar trabajos repetitivos.

Estas actividades proporcionan al programador los requerimientos y procedimientos necesarios para desarrollar el programa de mantenimiento.

La planeación y la programación del mantenimiento son los aspectos más importantes de una correcta gestión del mantenimiento, contribuyendo significativamente a:

- Reducción en los costos.
- Mejor utilización del recurso humano, al reducir demoras e interrupciones.
- Mejorar la calidad de los trabajos realizados.

Los objetivos de la planeación y la programación son:

- Minimizar tiempo ocioso.
- Maximizar la utilización eficiente del tiempo, materiales y equipos.
- Mantener altos estándares de disponibilidad, mantenibilidad, confiabilidad.

Para lograr una programación acertada se debe contar con la siguiente información:

- Órdenes de trabajo donde se explique la máquina y componente a intervenir, tarea a ejecutar, técnicos por especialidad, y repuestos o materiales necesarios.
- Estándar de tiempo de realización de la tarea por parte del operario o técnico, que se puede consultar en el historial de mantenimiento presente en el SOFTWARE.
- Conocimiento de la disponibilidad de personal de trabajo, herramientas y equipos.
- Existencia de repuestos y/o materiales, así como su reabastecimiento.
- Definir prioridades para la intervención de mantenimiento.
- Información de los trabajos pendientes por programar, o próximos a cumplir su tiempo de intervención.

Información que se encuentra en el módulo de "Programación de mantenimiento", presente en el SOFTWARE.

9.3 HISTORIAL DE MANTENIMIENTO

En este documento se encuentra toda la información de los trabajos realizados en cada máquina del sistema de molienda, es necesario almacenar la siguiente información.

- Fecha de la intervención
- Nombres de la máquina
- Nombre del componente (Ítem-mantenible)
- Motivo o razón del mantenimiento
- Actividad realizada
- Materiales o repuestos utilizados
- Cantidades
- Observaciones
- Tiempo utilizado

9.4 DEFINICIÓN DE LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO.

La metodología utilizada para definir las tareas de mantenimiento, con el fin de garantizar la disponibilidad y confiabilidad de las máquinas, han sido las siguientes:

- RCM, *ReliabilityCenteredMaintenane,* Mantenibilidad Basado en Fiabilidad.
- TPM, ***Total Productive Maintenance***

Estas técnicas aportan conocimiento en cuanto a la elaboración del plan de mantenimiento, las ventajas más importantes de estas técnicas son:

- Conocimiento general del funcionamiento de las máquinas
- Análisis de los posibles fallos que se presentan en el cumpliendo de su estándares de funcionamiento
- Formulación de tareas para prevenir las fallas, ya se han producidas por causas intrínsecas a la propia máquina y las extrínsecas como mal uso.
- Definición de tareas de mantenimiento que permiten garantizar el funcionamiento de las máquinas dentro de los estándares establecidos, esta actividad engloba: los planes de mantenimiento, procedimientos operativos, modificaciones o mejoras, establecimiento del inventario de repuestos necesarios para la realización del plan de mantenimiento[25].

La metodología propuesta, posee algunas diferencias con las técnicas anteriormente mencionadas, no muy grandes, buscando siempre la forma más comprensible, simple y apropiada para su implementación.

Luego de analizar la criticidad de las máquinas que componen el sistema de molienda y la metodología de mantenimiento propuesta, las siguientes fases son:

FASE 1

- Identificar las funciones de cada máquina del sistema de molienda.
- Determinación de las fallas funcionales de cada máquina que componen el sistema de molienda.
- Determinación de los modos de falla.
- Análisis de la consecuencia de las fallas.

Fase 2

- Propuesta de medidas preventivas que eviten o disminuyan los efectos de los fallos.
- Selección de las tareas de mantenimiento que se ajustan para cada sistema.
- Definición de las frecuencias óptimas para cada tarea de mantenimiento.
- Agrupación de las tareas de mantenimiento y elaboración del plan.

Fase 3

- Implementación.
- Registro.
- Análisis.
- Retroalimentación.

25 GARCIA, op. Cit, p.89

- Mejora continua.

El plan de mantenimiento debe ser práctico y sencillo, si se elabora una lista enorme y exhaustiva, o se agrupa de manera poco práctica, se conseguirá un plan de mantenimiento que será más teórico que práctico[26].

9.5 CONTROL DE LAS ÓRDENES DE TRABAJO.

El control del mantenimiento es fundamental para una eficiente gestión del mantenimiento, significa coordinar la demanda de mantenimiento y los recursos disponibles para su gestión, con estándares de eficacia y eficiencia, el SOFTWARE integra estas características las cuales son:

- Demanda de mantenimiento, qué y cuándo debe hacerse el trabajo.
- Recursos de mantenimiento, quién hará el trabajo, qué recursos y herramientas necesita.
- Procedimientos y medios para, planear, programar y ejecutar el trabajo.
- Retroalimentación, monitoreo y control, por medio de informes que indican el estado del sistema de molienda[27].

La orden de trabajo es un documento donde se detallan las instrucciones para el trabajo que se necesita realizar. Su propósito es proporcionar medios para:

- Asignar la tarea y personal más adecuados para el trabajo.
- Reducir costos mediante una utilización eficaz de los recursos.
- Mejorar la planeación y programación del plan de mantenimiento.
- Controlar las intervenciones realizadas.
- Mejorar el mantenimiento, mediante la recopilación y análisis de la información.

9.5.1 Orden de trabajo

La orden de trabajo tiene muchas utilidades, entre ellas están:

- Solicitud de trabajo.
- Registro histórico.
- Herramienta para monitoreo y control.
- Cierre del trabajo completado

[26] GARCIA, op. Cit, p.115

[27] DUFFUA, SALIH O., A., RAOUF y CAMPBELL, DIXON, op. Cit, p.197

INFORMACIÓN DE LA ORDEN DE TRABAJO

En la orden de trabajo se encuentra la información necesaria para la realización de la actividad de mantenimiento, consta de:

- Nombre del solicitante.
- Nombre de la persona que aprueba.
- Nombre del responsable del mantenimiento.
- Descripción de la tarea.
- Código de la tarea.
- Personal técnico requerido.
- Repuestos, materiales y cantidades requeridas.
- Herramientas especiales.
- Máquina y componente que genera el trabajo.
- Tiempo utilizado.
- Observaciones.

9.5.2 Flujo de la orden de trabajo.

El flujo corresponde al orden en que el trabajo se procesa desde su inicio hasta su terminación, siguiendo los siguientes pasos secuenciales:

1) Cuando el planificador se percata de la solicitud de trabajo, por medio del módulo de la programación presente en el SOFTWARE, revisa las tareas que tengan su casilla para el "Tiempo de intervención" en rojo, significa que deben programarse, seguidamente se completa la información requerida para la ejecución y control.

2) La orden de trabajo queda abierta, a la espera del cierre, se lleva a cabo una vez completadas las tareas, por medio del módulo presente en el SOFTWARE.
3) El trabajador efectúa el trabajo requerido, completa la información necesaria como: se terminó el trabajo si / no, en caso de no, llenar el motivo o razón por la cual no se pudo realizar la tarea, y anotar las observaciones de ser necesarias.

4) El planificador anota la información en la orden de trabajo que está abierta en el SOFTWARE a espera del cierre, limpia las tareas que se realizaron, ingresando el código de cada tarea. Las tareas que quedaron pendientes por su realización, debe anotar la razón por la cual no se pudieron realizar, y llenar el tiempo de utilizado en la intervención.

5) La orden de trabajo es guardada, en el archivo de "Historial de órdenes de trabajo", y su información en el "Historial de mantenimiento"

PROCESO DE LA ÓRDEN DE TRABAJO

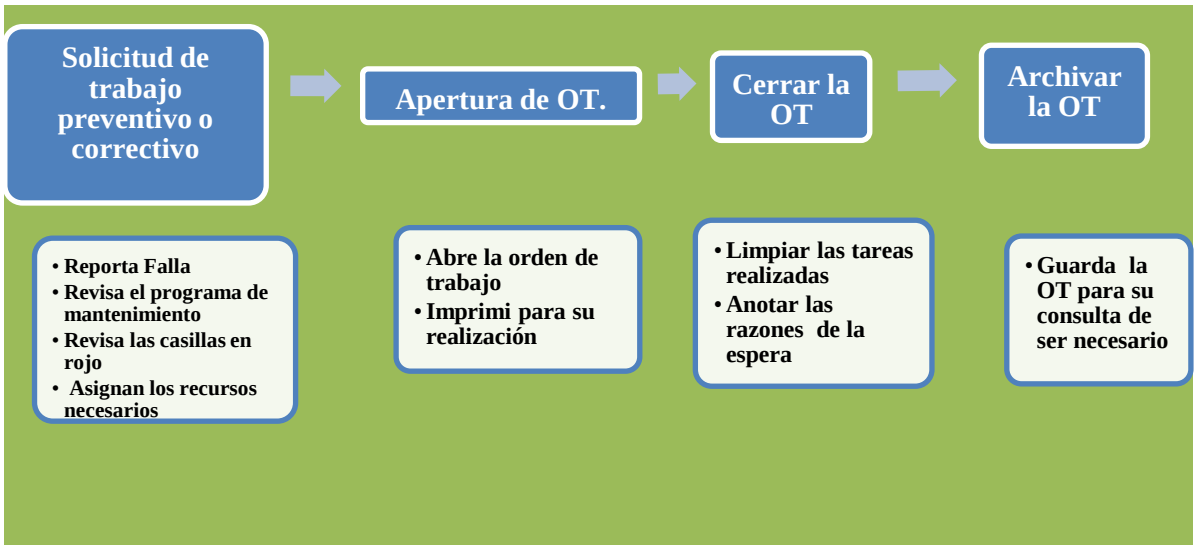


Figura 7. Proceso de la orden de trabajo

El proceso de control de las órdenes de trabajo se realiza a través de la coordinación y planeación de las intervenciones cumpliendo las necesidades de mantenimiento, producción y recursos, este proceso consiste en la apertura de las ordenes de trabajo, programación y realización, la retroalimentación se realiza con la recopilación de la información y la toma de decisiones para alcanzar las metas y objetivos propuestos[28]. Con la información del estado de la ejecución del trabajo, disponibilidad del sistema, calidad de los trabajos, se analiza y se formula el plan de acción necesario, encaminado a mejorar el:

- Control del trabajo
- Control de la calidad
- Control de la condición de la planta

9.5.3 Conservación de Registros de mantenimiento.

Es vital guardar los registros de las intervenciones para obtener datos confiables, para ello debemos contar con medios exactos para su recopilación, será útil para tener el control y conocer el estado del sistema, informando sobre aspectos como:

28 DUUFUA, op. Cit., p.59

- Tiempo utilizado
- Tarea realizada
- Materiales y repuestos
- Estado de la máquina

Esta información se obtiene de la orden de trabajo y del registro de falla.

9.6 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO

Se decidió utilizar la guía para la elaboración de diagramas de flujo del " Ministerio de planificación nacional y política económica", la cual brinda las instituciones públicas los criterios técnicos generales, necesarios para orientar el diseño, construcción y elaboración de los diagramas de lujos que sirvan para representar gráficamente los procesos, procedimientos y actividades institucionales, se eligió la simbología que ha desarrollado la" Instituto Nacional De Normalización Estadounidense - ANSI ", orientada al procesamiento electrónico de datos.

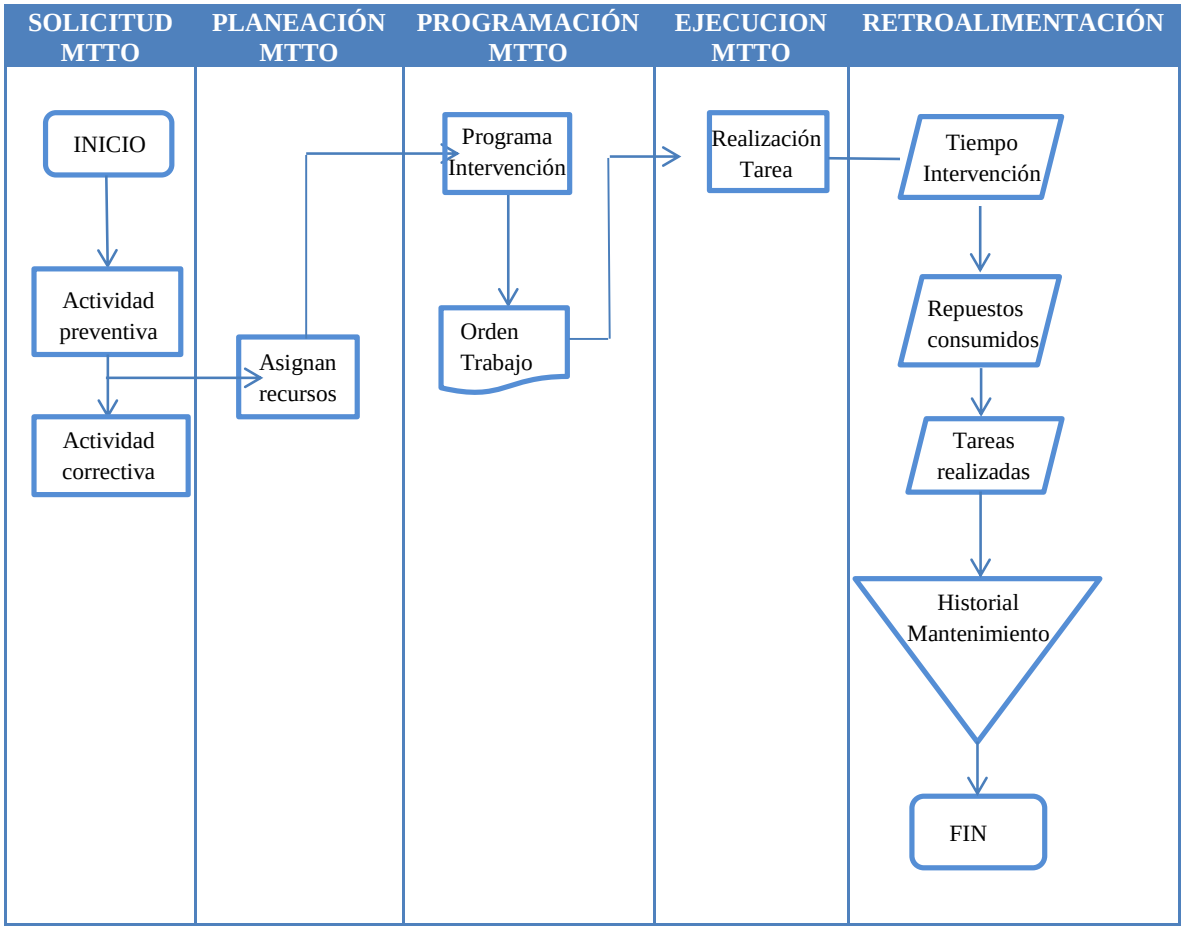


Figura 8. Proceso de mantenimiento
Fuente: Autores

SÍMBOLO	SIGNIFICADO	PARA QUE SE UTILIZA
	Inicio / Fin	Indica el inicio y el final del diagrama de flujo
	Operación / Actividad	Símbolo de proceso representa la realización de una operación o actividad relativas a un procedimiento
	Documento	Representa cualquier tipo de documento que entra, se utiliza, se genere o salga del procedimiento
	Datos	Indica la salida y entrada de datos.
	Almacenamiento / Archivo	Indica el depósito permanente de un documento o información dentro de un archivo.
	Líneas de flujo	Conecta los símbolos señalando el orden en que deben realizarse las distintas operaciones.

10. GESTIÓN DE LOS INDICADORES DE MANTENIMIENTO

La metodología que se propone convierte datos en información para tomar decisiones, conocer la evolución del departamento de mantenimiento, decidir si debemos realizar cambios, es decir a partir de una serie de datos, nuestro sistema de procesamiento debe devolvernos una información, una serie de indicadores en los que nos basaremos para tomar decisiones sobre el desarrollo del plan de mantenimiento.

Debemos definir cuáles serán esos indicadores buscando que nos aporten información útil para garantizar la disponibilidad y confiabilidad. Si se listan todas las paradas de cada una de las máquinas, la fecha, hora y duración la lista resultante no será útil para tomar decisiones. Si ahora se procesa esta lista, sumando los tiempos de parada de cada máquina y calculando tiempo que han estado en disposición de producir obtenemos una lista de la disponibilidad.

La idea de disponer de un software de mantenimiento es lograr que el cálculo de estos indicadores sea rápido, eficaz y aplicable, generando informes de los análisis realizados a cada uno de ellos, logrando la automatización del procesamiento de datos para así poder generar informes con la frecuencia que se requiera, es muy valioso e importante; conocer los valores obtenidos en cada uno de los índices, evidenciando los valores actuales con los valores anteriores de los años para conocer la situación de mejora o declive, definiendo un objetivo de manera que la persona que lea el documento analice y comprenda fácilmente si el resultado obtenido es bueno o malo, para luego proponer las acciones de mejora.

10.1 INDICES DE CLASE MUNDIAL

Los índices de clase mundial son aquellos que son utilizados según la misma expresión en todos los países.

10.1.1 Confiabilidad del sistema de molienda (Tiempo medio entre fallas)

La confiabilidad de un equipo es la frecuencia con la cual se presentan las fallas en el tiempo, si no hay fallas, el equipo es 100 % confiable, si la frecuencia en cambio es muy baja, la confiabilidad es aceptable, pero si la frecuencia de fallas es muy alta, el equipo seria poco fiable. En la práctica la confiabilidad de 100% no existe, pues siempre existe la posibilidad de que un equipo falle, por lo tanto la confiabilidad de un equipo será[29]:

[29] GARCIA, op. Cit, p.255

$$\textit{Confiabilidad} = \frac{\textit{Hrs. Totales Funcionamiento - Hrs. Totales Mantenimiento}}{\textbf{No Averías}} * 100$$

10.1.2 Mantenibilidad del sistema de molienda

Es la probabilidad de que un equipo o componente, pueda regresar nuevamente a su estado de funcionamiento normal, después de una falla o interrupción productiva, mediante una reparación que implica la ejecución de unas tareas de mantenimiento, para eliminar las causas que generan la interrupción del servicio. El mantenimiento son las acciones concretas que se realizan para mejorar la mantenibilidad, siendo esta última la calificación de cómo se realiza el mantenimiento[30].

Para el cálculo utilizamos la siguiente ecuación:

$$\textit{Mantenibilidad} = \frac{\textit{No Hrs. Totales Mantenimiento}}{\textit{No Averías}}$$

Formula del MTBF (Mind Time toRepair, Tiempo Medio de Reparación)

10.1.3 Disponibilidad del sistema de molienda

Es la probabilidad de que el sistema funcione satisfactoriamente en el momento que sea requerido después del comienzo de su operación, usándose bajo condiciones normales, donde el tiempo total considerado incluye:

Formula Disponibilidad:

$$\textit{Disponibilidad} = \frac{\textit{Hrs. Totales Funcionamiento} - \textit{Hrs. Totales Mantenimiento}}{\textit{Hrs. Totales Funcionamiento}}$$

[30] GARCIA, op. Cit, p.256

10.2 ANALISIS DEL CUMPLIMIENTO DE LA META DE GESTIÓN

Para seguir en el logro de los objetivos, es fundamental establecer los valores de los indicadores que vamos a medir, para posteriormente poder contrastarlos y ver, si necesitamos una modificación en el plan de gestión de mantenimiento, estos valores se encuentran en la siguiente tabla:

NOMBRE	**META DE GESTIÓN**	**FUENTE**
Confiabilidad	**> 90 Hrs**	Reporte Avería-Orden Trabajo
Mantenibilidad	**< 1 Hr**	Reporte Avería-Orden Trabajo
Disponibilidad	**> 97%**	Reporte Avería-Orden Trabajo
Mantenimiento Correctivo	**< 10 %**	Historial Mantenimiento
Mantenimiento Preventivo	**> 90 %**	Historial Mantenimiento

Tabla 1. Estándares de la Meta Gestión
Fuente. Autores

11. GESTIÓN DOCUMENTAL DEL PLAN DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE MOLIENDA

11.1 INTRODUCCIÓN

La gestión de los documentos generados del departamento de mantenimiento debe ser presentada de manera ordena, lógica y sistemática; soportado en papel y en el sistema informático soportado en el SOFTWARE, que está diseñado en las hojas de cálculo EXCEL.

La información que se va a almacenar es la siguiente:

- Ordenes de trabajo
- Valores de determinados parámetros de funcionamiento
- Informes de intervención no programado, es decir el mantenimiento correctivo
- Propuestas de oportunidades de mejora
- Instructivos y técnicas de trabajo
- Diagnóstico y reporte de averías
- Informes periódicos de la gestión
- Inventario de herramientas y repuestos
- Lista de averías usuales y su solución, mediante la técnica de análisis de modos de falla y efecto (AMFE)

DOCUMENTOS TECNICOS DE MANTENIMIENTO

Este archivo contendrá ordenadamente, información de forma general de las máquinas que componen el sistema de molienda, estará formado por:

- Manuales de instalación, operación y mantenimiento de las maquinas
- Libros, documentación de cursos, catálogos de fabricantes
- Despiece y lista de piezas de repuesto.

11.4 INFORME TRAS LA REALIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Los informes de mantenimiento son documentos en los que se observa el rendimiento y la evolución de la gestión del plan de mantenimiento, el cual contiene la información más importante sobre los indicadores de mantenimiento en un periodo determinado, que se pueden elegir trimestralmente.

Este informe se estudia con las demás áreas de la empresa como producción y calidad, para luego tener un conocimiento sobre el estado técnicos de las máquinas, los diferentes tipos de mantenimientos realizados, así como los resultados de la Gestión.

Los informes que se generan son:

- Máquinas vs Fallas
- Componentes vs Fallas
- Máquinas vs Actividad
- Máquinas vs Repuestos
- Hrs. Mantenimiento correctivo vs Hrs. Mantenimiento preventivo

12. SOFTWARE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

12.1 BENEFICIOS

Después del estudio realizado se evidencia la tendencia hacia la informatización y valorización del departamento de mantenimiento, de la cual se debe tener en cuenta que posee ventajas y desventajas haciendo necesario un análisis para determinar cuándo esta herramienta está generando un cambio considerable, valor agregado a cada proceso de la empresa o en cambio disminuye el rendimiento con el aumento de costos que supone.

Ventajas:

- Control sobre la actividad de mantenimiento
- Control sobre la inversión
- Facilidad para la consulta de datos históricos
- Facilidad para obtención de datos y análisis de indicadores

12.2 OBJETIVOS DEL SOFTWARE

Para garantizar el desarrollo efectivo y la obtención de resultados considerables es conveniente definir en primer lugar los objetivos que se quieren alcanzar definiendo de manera precisa que es lo que se quiere obtener con la implantación del software.

- Minimizar costos.
- Obtención de información precisa y confiable de manera rápida que ayude a tomar las mejores decisiones.
- Cumplir con el mantenimiento propuesto.

12.4 INFORMACIÓN BÁSICA DEL SOFTWARE

Es muy importante definir qué información nos será más útil y relevante a la hora de gestionar el plan de mantenimiento la cual debemos tener disponible en el cualquier momento.

Información que proporciona el sistema:

- Apertura, cierre y estado de las órdenes de trabajo.
- Índice de los diferentes indicadores de gestión.
- Histórico de averías.
- Planificación del mantenimiento.

- Carga de trabajo programado en un periodo determinado.
- Repuestos consumidos en una orden de trabajo.
- Proceso de implantación.

CONCLUSIONES

- Se diseñó el plan de mantenimiento para las máquinas que intervienen en el sistema de producción de la empresa COLMINERALES LTDA.
- Se replantearon los tiempos de intervención de mantenimiento preventivo de acuerdo al historial, experiencia y documentos técnicos
- Se elaboró un Software de mantenimiento en Microsoft Excel de una manera práctica y eficiente para llevar el control del sistema de molienda

RECOMENDACIONES

- Suministrar diariamente la información real de los datos referentes a las actividades en el programa de mantenimiento.
- Crear dentro de la organización el departamento de mantenimiento, considerando la importancia y funcionalidad de las máquinas para garantizar la disponibilidad del sistema.
- Contar con un almacén de repuestos, cumpliendo con los stocks mínimos necesarios para cumplir con el plan de mantenimiento propuesto.

MÁQUINA	REPUESTO
Clasificador, molino	Valvulina 85 W 140
Molino, Trituradora, ventiladores	Grasa Litio EP2
Trituradora	Correa C-194

- En la trituradora se recomienda que para la frecuente falla de los ajustes de los tornillos de la base utilizar otro sistema, basado en amortiguadores y topes de goma.

RECOMENDACIONES PARA PROTEGER EL MEDIO AMBIENTE

- No desechar el aceite usado al medio ambiente, sino recogerlo y enviarlo para su eliminación a una organización autorizada y así adoptar disposiciones de conformidad con las leyes vigentes.

- Las piezas de la carcasa, engranajes, ejes y rodamientos de los reductores deben desecharse como chatarra. Lo mismo se aplica a las piezas de fundición gris, salvo si existe un servicio especial de recolección para estos materiales.

BIBLIOGRAFÍA

AVILA, Rubén. Fundamentos de mantenimiento. Guías económicas, técnicas y administrativas. Noriega editores. 3a edición.

CÁRCEL CARRASCO, Javier. Planteamiento de un modelo industrial basado en técnicas de la gestión conocimiento. Valencia, Omniascience. 2014. 320p.

DUFFUA, SALIH O., A., RAOUF y CAMPBELL, DIXON. Sistemas de mantenimiento planeación y control. México, D.F : LIMUSA, S.A. de C.V. GRUPO NORIEGA EDITORES, 2000.

GARCÍA, Santiago, Organización y gestión integral de mantenimiento. Madrid, Ediciones Díaz de Santos, S. A. 2003.321p.

GÓMEZ DE LEÓN, Félix Cesáreo. El mantenimiento industrial. EN: Tecnología Del Mantenimiento Industrial. España. Universidad de Murcia publicaciones.1998. P. 21 – 37.

GONZÁLES FERNÁNDEZ, Francisco. Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado. Segunda edición. Madrid. Fundación confemetal. 2005. 579p.

GUTIERREZ MORA, Alberto, Mantenimiento, planeación, ejecución y control. México D.F, Alfaomega Grupo Editor, 2010 .528p.

ISO 14224-2006, Industrias del petróleo, petroquímica y gas natural recolección e intercambio de datos de confiabilidad.

NARVÁEZ GUZNAY, ZHIGHE TENE, Pablo, Carlos Andres, eduardo. Implementación de un plan de mantenimiento para los laboratorios de procesos y treansforamción de materiales del area del ingenierías de la universidad politécnica salesiana sede cuenca. Cuenca : s.n., 2015. pág. 104.

NARVÁEZ, Pablo y ZHIGUE, Carlos. Implementación de un plan de mantenimiento para los laboratorios de procesos y transformación de materiales de área de ingenierías de la universidad politécnica salesiana sede cuenca. 2015. páginas 104.Universidad politécnica salesiana sede cuenca, Facultad de Ingeniería. Cuenca.

NAVARRO, Juan DIAZ. Técnicas de mantenimiento industrial. 2004.

NIEBEL, Benjamín. Ingeniería industrial, alfa omega. 11ª edición, 2004.

PROCESOS MINEROS. {En Línea}. {5 de Junio de 2016} disponible en: (http://procesosmineros.weebly.com/piedra-caliza.html)

RIVERA, Omar. Buenas prácticas de operación en la actividad del mantenimiento industrial. [Online]. Bogotá. El departamento técnico administrativo del medio ambiente DAMA. (Junio 2009). Disponible en <http://www.pcmanagement.es/editorial/Facilities/guia_empres.pdf>.

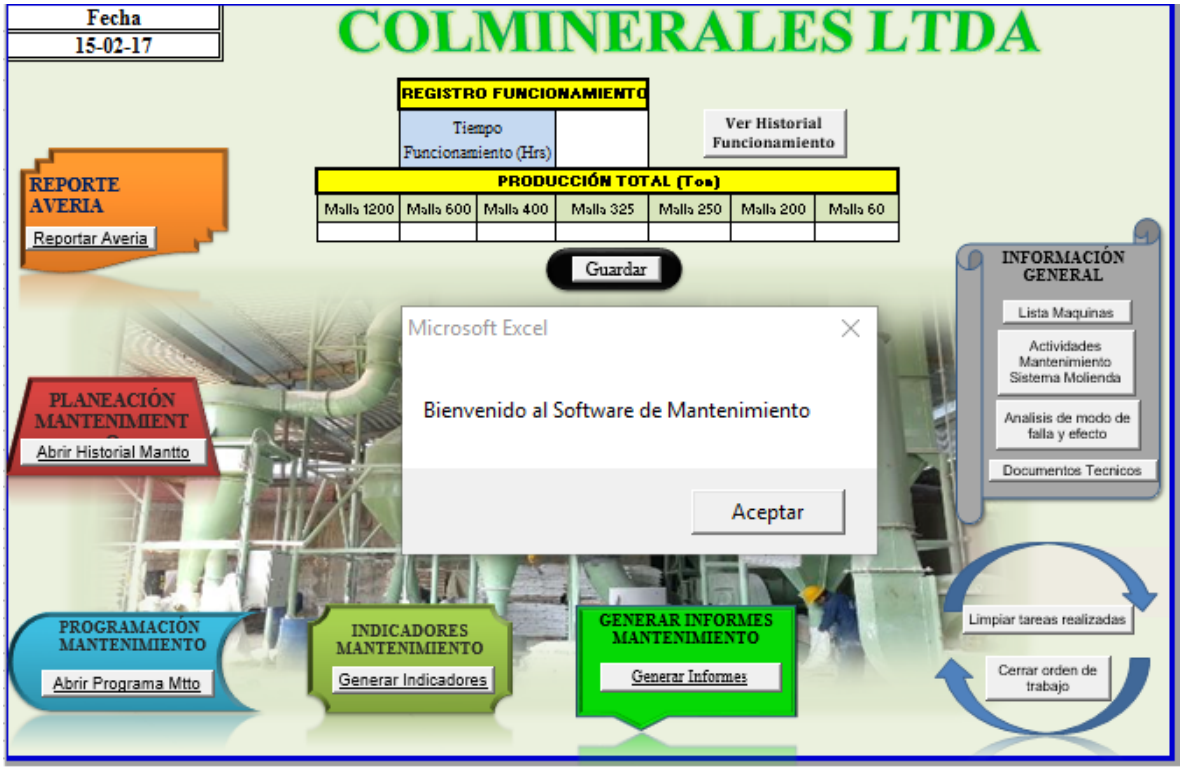
SOSA VÁZQUEZ, Tomás. Lo secreto del mantenimiento industrial. México. 2014. 390p.

ANEXOS

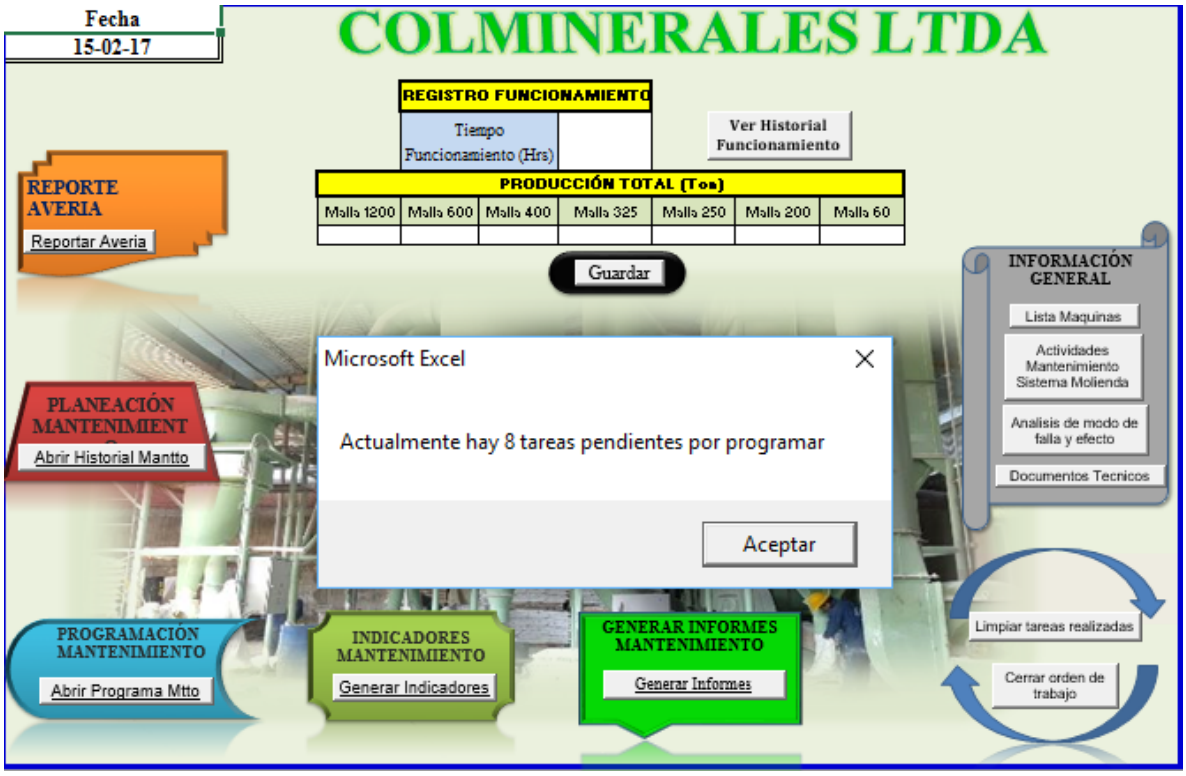
Anexo 1. SOFTWARE DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

1.1 Menú Principal

Al abrir el SOFTWARE, lo primero que se debe hacer es cerrar el mensaje de bienvenida, para poder ingresar completamente, dando clic en *ACEPTAR* que se encuentra en la esquina inferior del mensaje.

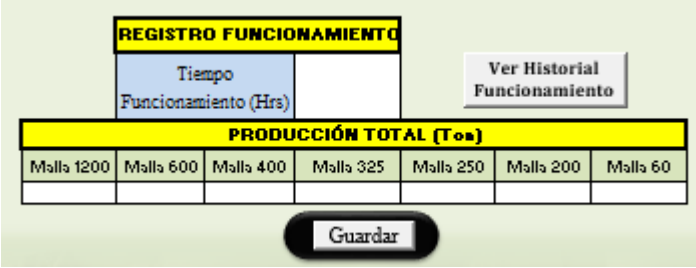


Luego se visualiza la cantidad de tareas pendientes por programar, se cierra el mensaje dando en clic en *ACEPTAR.*



1.2 Registro Funcionamiento

En esta sección se debe ingresar el "Tiempo de Funcionamiento" en horas, el cual se diligencia con los registros diarios de funcionamiento. El siguiente campo es el de registro de la "Producción Total" en toneladas en el tiempo de funcionamiento antes ingresado, teniendo en cuenta llenar la celda correspondiente al tipo de malla.



Con ello se alimenta el "Historial de funcionamiento", para luego calcular los diferentes Indicadores de desempeño que se han definido.

HISTORIAL FUNCIONAMIENTO PRODUCCION

Menu Principal | Produccion (Ton) | Ver Grafico

Fecha	Funcionamiento (Hrs)	Malla 1200	Malla 600	Malla 400	Malla 325	Malla 250	Malla 200	Malla 60
12-02-17	24	34		43	1	4	324	344
12-02-17	24	20	12		34		65	
26-01-17	17	1		1			1	1
21-01-17	20	1	2	3	4	5	6	7
18-01-17	20	90	90	90	90	90	900	300
02-11-16	16	40	50	45	75	80	100	15
18-10-16	16	40	50	45	75	80	100	15
03-10-16	16	40	50	45	75	80	100	15
18-09-16	16	40	50	45	75	80	100	15
02-09-16	16	40	50	45	75	80	100	15
17-08-16	16	40	50	45	75	80	100	15

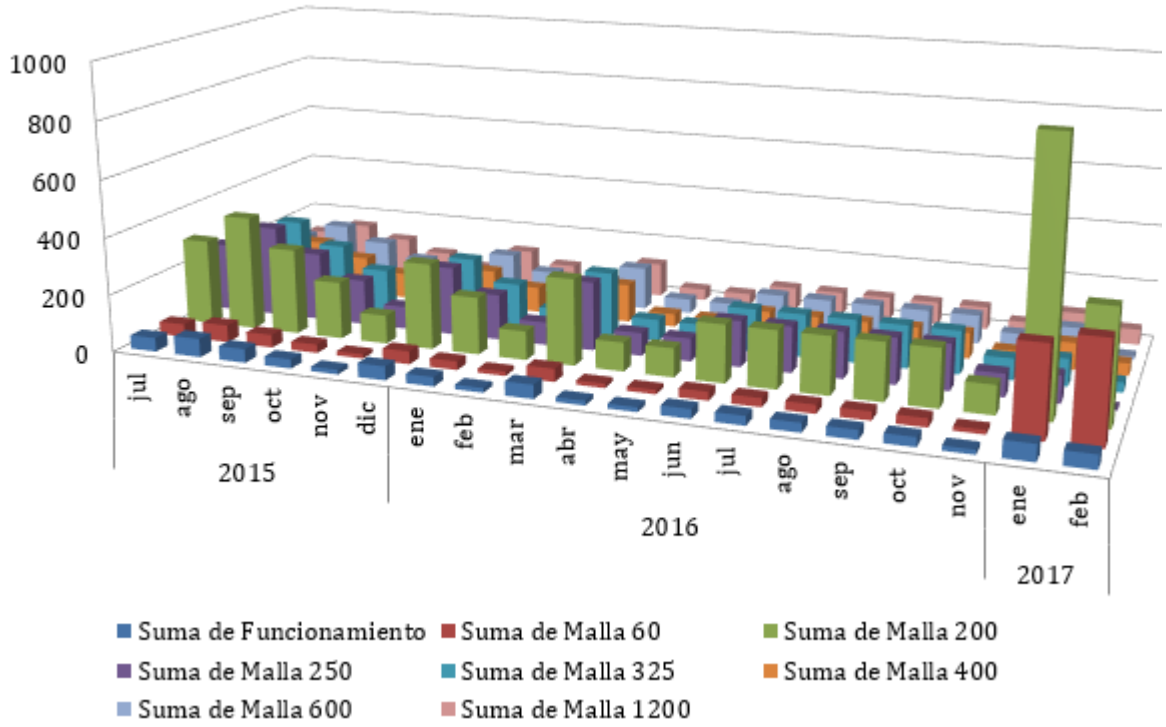
Oprimiendo el botón *Ver Gráfico*, se ingresa a la tabla con la producción por mes y año.

Volver Historial Funcionamiento

Años	Mes	Suma de Funcionamiento	Suma de Malla 60	Suma de Malla 200	Suma de Malla 250	Suma de Malla 325	Suma de Malla 400	Suma de Malla 600	Suma de Malla 1200
2015									
	jul	48	45	300	240	225	135	150	120
	ago	64	60	400	320	300	180	200	160
	sep	48	45	300	240	225	135	150	120
	oct	32	30	200	160	150	90	100	80
	nov	16	15	100	80	75	45	50	40
	dic	48	45	300	240	225	135	150	120
2016									
	ene	32	30	200	160	150	90	100	80
	feb	16	15	100	80	75	45	50	40
	mar	48	45	300	240	225	135	150	120
	abr	16	15	100	80	75	45	50	40
	may	16	15	100	80	75	45	50	40
	jun	32	30	200	160	150	90	100	80
	jul	32	30	200	160	150	90	100	80
	ago	32	30	200	160	150	90	100	80
	sep	32	30	200	160	150	90	100	80
	oct	32	30	200	160	150	90	100	80
	nov	16	15	100	80	75	45	50	40
2017									
	ene	57	308	907	95	94	94	92	92
	feb	48	344	389	4	35	43	12	54

Página 1

Historial de funcionamiento (Producción \ Tiempo)



1.3 Registro Avería

Dando clic en el siguiente botón, se ingresa al formulario de “Registro de avería”, donde se registra la información relevante de la falla presentada.

Después de ingresar, se debe llenar cada uno de los campos del formulario los cuales son:

Menu Principal

REPORTE FALLA

FECHA EMISIÒN	02/01/2017
No REGISTRO	00349
MAQUINA	
COMPONENTE	
MOTIVO-RAZON	
ACTIVIDAD MTTO	
REPUESTOS - MATERIALES	
CANTIDAD (galones-numero)	
OBSERVACIONES	
TIEMPO MTTO CORRECTIVO (hrs : minutos)	0:00

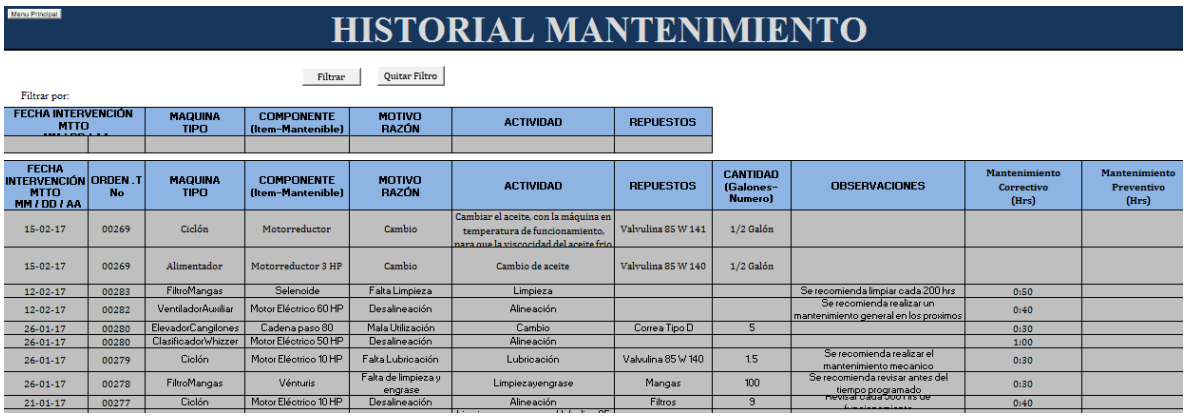
Página 1

GUARDAR REGISTRO

- **Fecha Emisión**: Celda donde se encuentra la fecha actual
- **No Registro**: Es el numero consecutivo de registros que se realicen.
- **Máquina**: Nombre de la máquina que fue afectada.
- **Componente**: Nombre del componente de la máquina.
- **Motivo-Razón**: Es la causa o motivo por el cual se presentó la falla.
- **Actividad Mtto**: Es la actividad que se realizó para reponer la máquina a su estado de funcionamiento normal.
- **Repuestos-Materiales**: Nombres de los repuestos o materiales utilizados, para corregir la falla.
- **Cantidad**: Cantidad de repuestos o materiales consumidos.
- **Observaciones:** Espacio para que se ingresen, las recomendaciones, propuestas de mejora, y/o advertencias, apreciadas o encontradas.
- **Tiempo Mtto. Correctivo**: Es el tiempo en horas que se utilizó para la labor de mantenimiento correctivo

1.4 Planeación Del Mantenimiento

Dando clic en el botón, se ingresa al historial de mantenimientos realizados, con el fin de realizar un análisis de las tareas que se han hecho, logrando obtener información importante para la planeación y programación de las actividades.



Menu Principal

HISTORIAL MANTENIMIENTO

Filtrar Quitar Filtro

Filtrar por:

FECHA INTERVENCIÓN MTTO	MAQUINA TIPO	COMPONENTE (Item-Mantenible)	MOTIVO RAZÓN	ACTIVIDAD	REPUESTOS

FECHA INTERVENCIÓN MTTO MM / DD / AA	ORDEN .T No	MAQUINA TIPO	COMPONENTE (Item-Mantenible)	MOTIVO RAZÓN	ACTIVIDAD	REPUESTOS	CANTIDAD (Galones-Numero)	OBSERVACIONES	Mantenimiento Correctivo (Hrs)	Mantenimiento Preventivo (Hrs)
15-02-17	00269	Ciclón	Motorreductor	Cambio	Cambiar el aceite, con la máquina en temperatura de funcionamiento, para que la viscocidad del aceite frio	Valvulina 85 W 141	1/2 Galón			
15-02-17	00269	Alimentador	Motorreductor 3 HP	Cambio	Cambio de aceite	Valvulina 85 W 140	1/2 Galón			
12-02-17	00283	FiltroMangas	Selenoide	Falta Limpieza	Limpieza			Se recomienda limpiar cada 200 hrs	0:50	
12-02-17	00282	VentiladorAuxiliar	Motor Eléctrico 60 HP	Desalineación	Alineación			Se recomienda realizar un mantenimiento general en los proximos	0:40	
26-01-17	00280	ElevadorCangilones	Cadena paso 80	Mala Utilización	Cambio	Correa Tipo D	5		0:30	
26-01-17	00280	ClasificadorWhizzer	Motor Eléctrico 50 HP	Desalineación	Alineación				1:00	
26-01-17	00279	Ciclón	Motor Eléctrico 10 HP	Falta Lubricación	Lubricación	Valvulina 85 W 140	1.5	Se recomienda realizar el mantenimiento mecanico	0:30	
26-01-17	00278	FiltroMangas	Vénturis	Falta de limpieza y engrase	Limpiezayengrase	Mangas	100	Se recomienda revisar antes del tiempo programado	0:30	
21-01-17	00277	Ciclón	Motor Eléctrico 10 HP	Desalineación	Alineación	Filtros	9	Revisar cada 500 hrs de	0:40	

Además para un mejor análisis el historial cuenta con un filtro avanzado que filtrará los campos de la tabla a conveniencia:

Filtrar | Quitar Filtro

MAQUINA TIPO	COMPONENTE (Item-Mantenible)	MOTIVO RAZÓN	ACTIVIDAD	REPUESTOS

Para realizar los filtros se ingresan los nombres como aparecen en el registro de la tabla para que el programa de cálculo EXCEL los reconozca.

Se describen a continuación:

- **Máquina:** escribiremos el nombre pegado de las máquinas que se compongan por dos nombres, ejemplo: ElevadorCangilones, MotorEléctrico.
- **Componente:** El nombre del componente, ejemplo: correa, rodillos, chumaceras, etc….
- **Motivo-Razón:** Desgaste, Desajuste, Cambio, etc….
- **Actividad:** Lubricación, Revisión, Ajuste, etc…
- **Repuestos-Materiales:** Correas, Tornillos, Aceite, Grasa, etc….

El fin de esta sección es optimizar y aumentar la eficiencia de la Gestión del mantenimiento, así se designa mejor la carga de trabajo, y se tiene conocimiento de los equipos más prioritarios para la programación de sus tareas de mantenimiento preventivo.

1.5 Programación Del Mantenimiento

Dando clic en el botón “Abrir Programa Mtto”, se ingresa a la planilla de programación del mantenimiento la cual contiene todas las tareas a realizar a cada máquina del sistema de molienda:

Menu Principal

PROGRAMACIÓN MANTENIMIENTO

Fecha: miércoles, 15 de febrero de 2017

COLOMBIANA DE MINERALES LTDA NIT. 813.001.431-5

Historial Funcionamiento Horas 6485

Cantidad de tareas pendientes por programar: 8

	3000	6 meses
	6000	1 año
MANUAL	2000	1 año

Ver Tareas Programables | Quitar Filtro | Nueva Programación | Programar Tareas Mto

CODIGO	MAQUINA	COMPONENTES	ACTIVIDAD	TAREA	REPUESTOS	CANTIDAD (Gins)	PERSONAL	FRECUENCIA DE LA TAREA MP (Hrs)	TIEMPO INTERVENCIÓN TAREA MP (Hrs)	Programar Tareas Orden Trabajo
CAM100	Alimentador	Motorreductor 3 HP	Cambio	Cambio de aceite	Valvulina 85 W 140	1/2 Galón	Mecanico	3000	2999	Pendiente
ALI102	Alimentador	Motorreductor 3 HP	Alineación	Alinear el Motorreductor			Operario	3000	2915	Pendiente
LUB104	Alimentador	Cadena	Lubricación	Lubricar, limpiar y revisar la correcta alineación de la cadena.	Valvulina 85 W 140	1	Operario	20	135	Programar
CAM106	Alimentador	Motorreductor 3 HP	Cambio	Cambiar el aceite, con la máquina en temperatura de funcionamiento, para que la viscocidad del aceite frio no dificulte su	Valvulina 85 W 140		Operario	10	135	Programar
CAM107	Alimentador	Rodamientos	Cambio	Cambio de rodamientos	Rodamientos		Mecanico	6000	5915	Pendiente
CAM109	Ciclón	Motorreductor	Cambio	Cambiar el aceite, con la máquina en temperatura de funcionamiento, para que la viscocidad del aceite frio no dificulte su	Valvulina 85 W 141	1/2 Galón	Mecanico	3001	3001	Programar
REV111	Ciclón	Motorreductor	Revisión	Revisar el nivel de aceite, y limpiar las superficies del cuerpo de reductor, las vias				220	-90	Programar
REV113	Ciclón	Motor Eléctrico 10 HP	Revisión	Revisar su correcto funcionamiento, piñones, acople, eje, conexiones electricas, mecanicas y rodamientos en			Electrico	500	-87	Pendiente
REV101	Alimentador	Motorreductor 3 HP	Revisión	Revisar que los tornillos estén apretados y apriételos cuando sea necesario, verificar que no hayan fugas en los uniones del			Operario	50	-38	Programar
REV110	Ciclón	Motorreductor	Revisión	Revisar que los tornillos estén apretados y apriételos cuando sea necesario, verificar que no hayan fugas en los uniones del			Operario	2999	-18	Pendiente

Donde se encuentra:

- **Tiempo Total Operación:** Es el tiempo de funcionamiento del sistema de molienda en horas, el cual servirá para realizar el cálculo de los distintos indicadores (Mantenibilidad, Confiabilidad, Disponibilidad)
- **Ver Tareas Programables**: este botón permite filtrar las tareas de mantenimiento que tengan su casilla de "Tiempo para la intervención del mantenimiento"**,** las cuales están representadas según su tiempo de ejecución por los colores de los semáforos:

TIEMPO INTERVENCIÓN TAREA MP (Hrs)
2999
45
-1

El color verde significa que no necesita programación de tareas.

El color amarillo indica el tiempo adecuado para la intervención.

El color rojo indica el tiempo de programación, cumplido y no se ha programado ninguna tarea, por lo que es necesario, programar las tareas en una Orden de Trabajo (OT) para su pronta realización, se decidió definir este intervalo de tiempo de 48 horas, para así tener tiempo para su planeación.

- **Quitar Filtro**: Botón con el cual se quita el filtro de las tareas con el tiempo ya cumplido para la intervención, permitiendo visualizar el programa completo.
- **Nueva Programación**: Botón que permite agregar una nueva programación de tarea de mantenimiento, agregándola al plan de mantenimiento.
- **Programar Tareas Mtto**: Es te botón nos enviará las tareas filtradas a una orden de trabajo:

Menu Principal

ORDEN TRABAJO MTTO

Fecha:	15/02/2017	COLMINERALES LTDA		No Ordén Trabajo	00269
			Responsable del mantenimiento		
Solicitado por	Nombre :		Nombre :		
Aprobado por	Nombre :		Cargo :		

INFORMACION IMPORTANTE	
HERRAMIENTAS	
1	
2	
3	

TIEMPO UTILIZADO EN LA LABOR DE MTTO	
8	Hrs

INFORMACION DEL TRABAJO DE MTTO

Página 1

CODIGO	MAQUINA	COMPONENTES	ACTIVIDAD	TAREA	REPUESTOS	CANTIDAD	PERSONAL	TERMINADO (Si / No)	PENDIENTE (RAZON ?)	OBSERVACIO
CAM106	Alimentador	Motorreductor 3 HP	Cambio	Cambiar el aceite, con la máquina en temperatura de funcionamiento, para que la viscocidad del aceite frio no dificulte su salida.	Valvulina 85 W 140		Operario			
CAM109	Ciclón	Motorreductor	Cambio	Cambiar el aceite, con la máquina en temperatura de funcionamiento, para que la viscocidad del aceite frio no dificulte su salida.	Valvulina 85 W 141	1/2 Galón	Mecanico			
LUB104	Alimentador	Cadena	Lubricación	Lubricar, limpiar y revisar la correcta alineación de la cadena.	Valvulina 85 W 140	1	Operario			
REV111	Ciclón	Motorreductor	Revisión	Revisar el nivel de aceite, y limpiar las superficies del cuerpo de reductor, las vias de ventilación.						
REV101	Alimentador	Motorreductor 3 HP	Revisión	Revisar que los tornillos estén apretados y apriételos cuando sea necesario, verificar que no hayan fugas en los uniones del cuerpo			Operario			

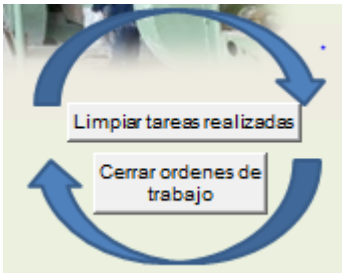
En este punto se debe completa la orden de trabajo, llenando los campos de:

- Nombre del solicitante
- Nombre de la persona que aprueba la OT
- Responsable del mantenimiento, nombre de la persona encargada de realizar el mantenimiento.

Por último, se imprime la orden de trabajo para su realización.

1.6 Limpiar Tareas Realizadas

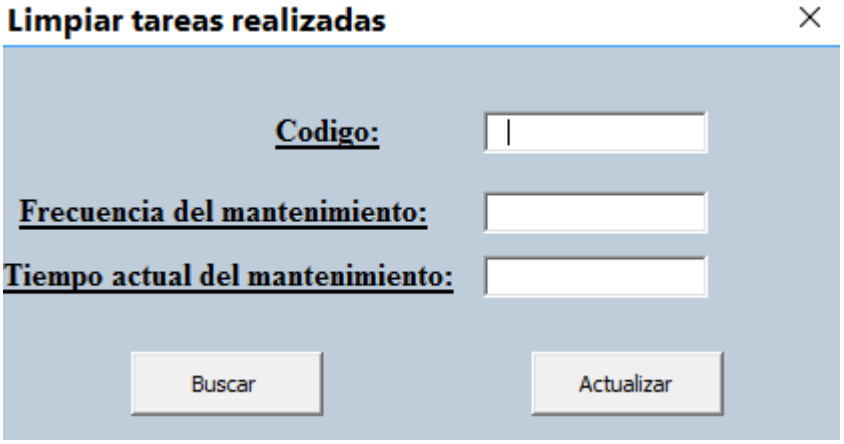
Estos botones están relacionados con las tareas de mantenimiento preventivo y su realización.



Ejecutando el botón de “Limpiar tareas realizadas “se obtendrá un cuadro de diálogo, en el cual se deben digitar todas las tareas de mantenimiento preventivo que se realizaron; para lo cual se debe seguir el siguiente procedimiento:

Con este botón, se limpian las tareas de mantenimiento realizadas las cuales se encuentran en la programación de mantenimiento, reiniciando su tiempo para la intervención.

Al dar clic en el botón “Limpiar Tareas Realizadas”, aparecerá el siguiente formulario:



El procedimiento del cierre es el siguiente, para ello se necesita tener la “Orden de Trabajo” en la mano:

1. Se ingresa el código de la tarea de mantenimiento presente en la “orden de trabajo” que se encuentra al lado izquierdo de la OT.

Menu Principal

ORDEN TRABAJO MTTO

Fecha:	15/02/2017	COLMINERALES LTDA	No Ordén Trabajo	00269

Solicitado por	Nombre :	
Aprobado por	Nombre :	

Responsable del mantenimiento	
Nombre :	
Cargo :	

INFORMACION IMPORTANTE	
HERRAMIENTAS	
1	
2	
3	

TIEMPO UTILIZADO EN LA LABOR DE MTTO	
8	Hrs

INFORMACION DEL TRABAJO DE MTTO

Página 1

CODIGO	MAQUINA	COMPONENTES	ACTIVIDAD	TAREA	REPUESTOS	CANTIDAD	PERSONAL	TERMINADO (Si / No)	PENDIENTE (RAZON ?)	OBSERVACIO
CAM106	Alimentador	Motorreductor 3 HP	Cambio	Cambiar el aceite, con la máquina en temperatura de funcionamiento, para que la viscocidad del aceite frio no dificulte su salida.	Valvulina 85 W 140		Operario			
CAM109	Ciclón	Motorreductor	Cambio	Cambiar el aceite, con la máquina en temperatura de funcionamiento, para que la viscocidad del aceite frio no dificulte su salida.	Valvulina 85 W 141	1/2 Galón	Mecanico			
LUB104	Alimentador	Cadena	Lubricación	Lubricar, limpiar y revisar la correcta alineación de la cadena.	Valvulina 85 W 140	1	Operario			
REV111	Ciclón	Motorreductor	Revisión	Revisar el nivel de aceite, y limpiar las superficies del cuerpo de reductor, las vias de ventilación.						
REV101	Alimentador	Motorreductor 3 HP	Revisión	Revisar que los tornillos estén apretados y apriételos cuando sea necesario, verificar que no hayan fugas en los uniones del cuerpo			Operario			

2. Oprimir el botón buscar:

El cual busca la tarea en la “Programación de mantenimiento”, seguidamente se observa el tiempo definido previamente para la intervención, y el tiempo actual o restante que queda para su realización. Es en este último (Tiempo Actual) donde se digita y actualiza el tiempo para su nueva realización, que puede ser el mismo ya definido ó, definir uno nuevo, depende del análisis y las recomendaciones hechas por el personal de mantenimiento.

Menu Principal

PROGRAMACIÓN MANTENIMIENTO

Fecha: miércoles, 15 de febrero de 2017

COLOMBIANA DE MINERALES LTDA NIT. 813.001.431-5

Tiempo total de operación: 6485

Cantidad de tareas pendientes por programar: 10

	3000	6 meses
	6000	1 año
MANUAL	2000	1 año

Ver Tareas Prog

Programar Tareas Mto

Limpiar tareas realizadas

Codigo: CAM106

Frecuencia del mantenimiento: 10

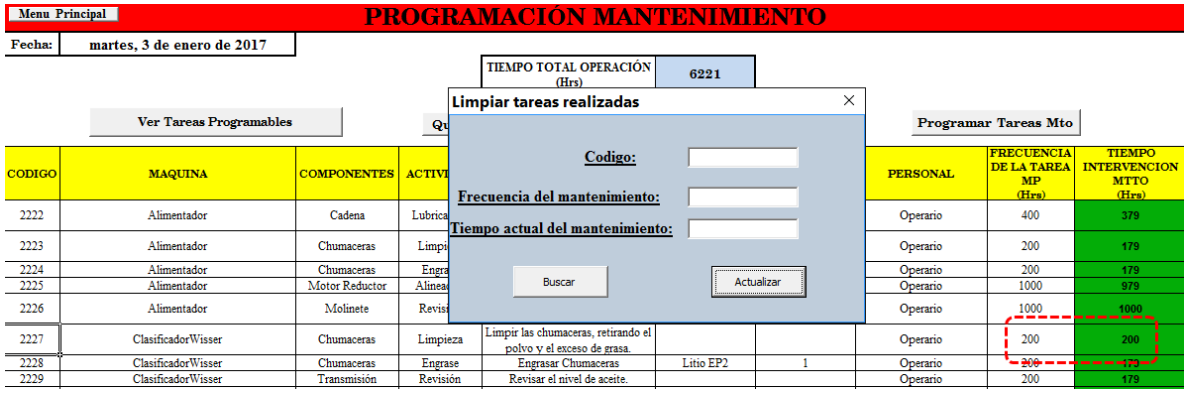
Tiempo actual del mantenimiento: 135

Buscar

Actualizar

CODIGO	MAQUINA	STOS	CANTIDAD (Glns)	PERSONAL	FRECUENCIA DE LA TAREA MP (Hrs)	TIEMPO INTERVENCIÓN TAREA MP (Hrs)
CAM100	Alimentador	85 W 140	1/2 Galón	Mecanico	3000	2999
ALI102	Alimentador			Operario	3000	45
LUB104	Alimentador	85 W 140	1	Operario	20	-1
CAM106	Alimentador	85 W 140		Operario	10	135
CAM107	Alimentador	ientos		Mecanico	6000	5915
CAM109	Ciclón	85 W 141	1/2 Galón	Mecanico	3001	3001
REV111	Ciclón				220	-90
		Revisar su correcto funcionamiento,				

3. El cuadro de diálogo y la tarea quedaran de esta forma:

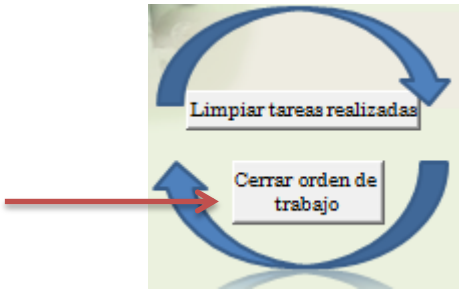


Se debe seguir el mismo procedimiento hasta completar la actualización de todas las tareas de mantenimiento realizadas.

4. Por último se cierra el cuadro de diálogo “Limpiar Tareas Realizadas” dando clic en la “X” situada en la esquina superior derecha.

1.7 Cierre De La Orden De Trabajo

Dando clic en el siguiente botón:



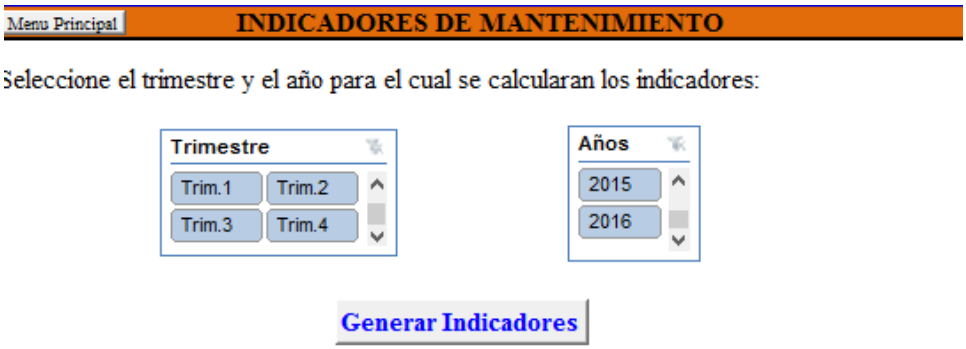
Se realiza el cierre de la “orden de trabajo” con las tareas realizadas, es decir se almacena toda la información de la OT, por eso es indispensable cerrar la orden de trabajo cuando se haya terminado de llenar toda la información necesaria la cual es:

- Tiempo de intervención del mantenimiento, el cual es el tiempo utilizado en la realización de todas las actividades.
- Llenar la columna de “Terminado” con sí o no, según corresponda, en caso de ser no, escribir en la columna siguiente “Pendiente” la razón por la cual queda pendiente su realización.
- Por último las observaciones encontradas.

1.8 Indicadores Clase Mundial.

En esta sección están los índices de cada indicador previamente definidos, estos indicadores sirven para evaluar cómo se ha desarrollado la gestión del plan de mantenimiento, si se han cumplido o no las metas de gestión, para posteriormente realizar las correcciones que se consideren necesarias.

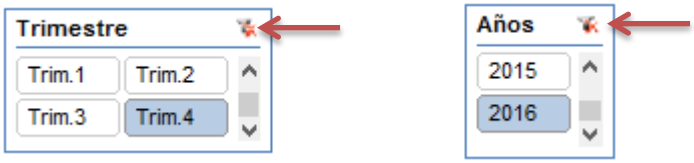
Al dar clic en el botón se abrirá el siguiente menú:



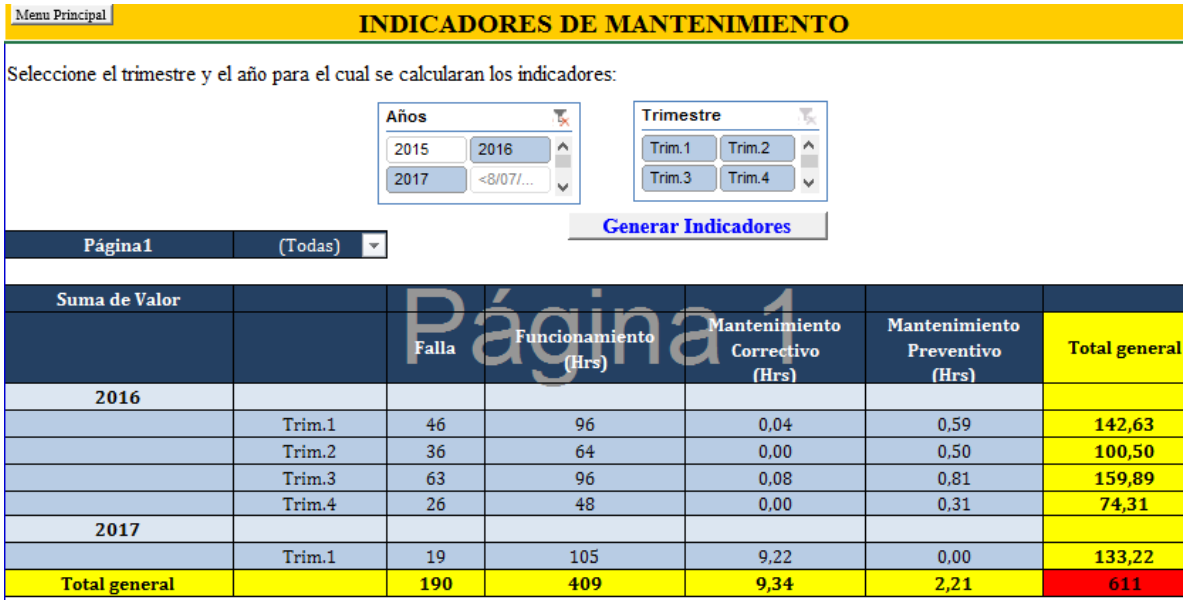
Página 1

Tabla Datos	Funcionamiento (Hrs)	Mantenimiento Preventivo (Hrs)	Mantenimiento Correctivo (Hrs)	Falla	Total general
2015					
Trim.3	800	1,07	0,07	78	879,14
Trim.4	480	0,62	0,125	46	526,74
2016					
Trim.1	480	0,89	0,06	68	548,95
Trim.2	320	0,67		48	368,67
Trim.3	480	1,01	0,06	76	557,07
Trim.4	240	0,38		32	272,38
Total general	**2800**	**4,64**	**0,31**	**348**	**3153**

Lo primero que se hace es seleccionar el trimestre y año para el cual se calcularán los indicadores, en caso de querer hacer el análisis completo del tiempo, se quitan los filtros dando clic en la esquina superior derecha de los filtros:



Luego se da clic en el botón Generar Indicadores, para calcularlos, seguidamente abre la siguiente hoja:



Menu Principal

INDICADORES DE MANTENIMIENTO

Seleccione el trimestre y el año para el cual se calcularan los indicadores:

Años: 2015, 2016, 2017, <8/07/...

Trimestre: Trim.1, Trim.2, Trim.3, Trim.4

Generar Indicadores

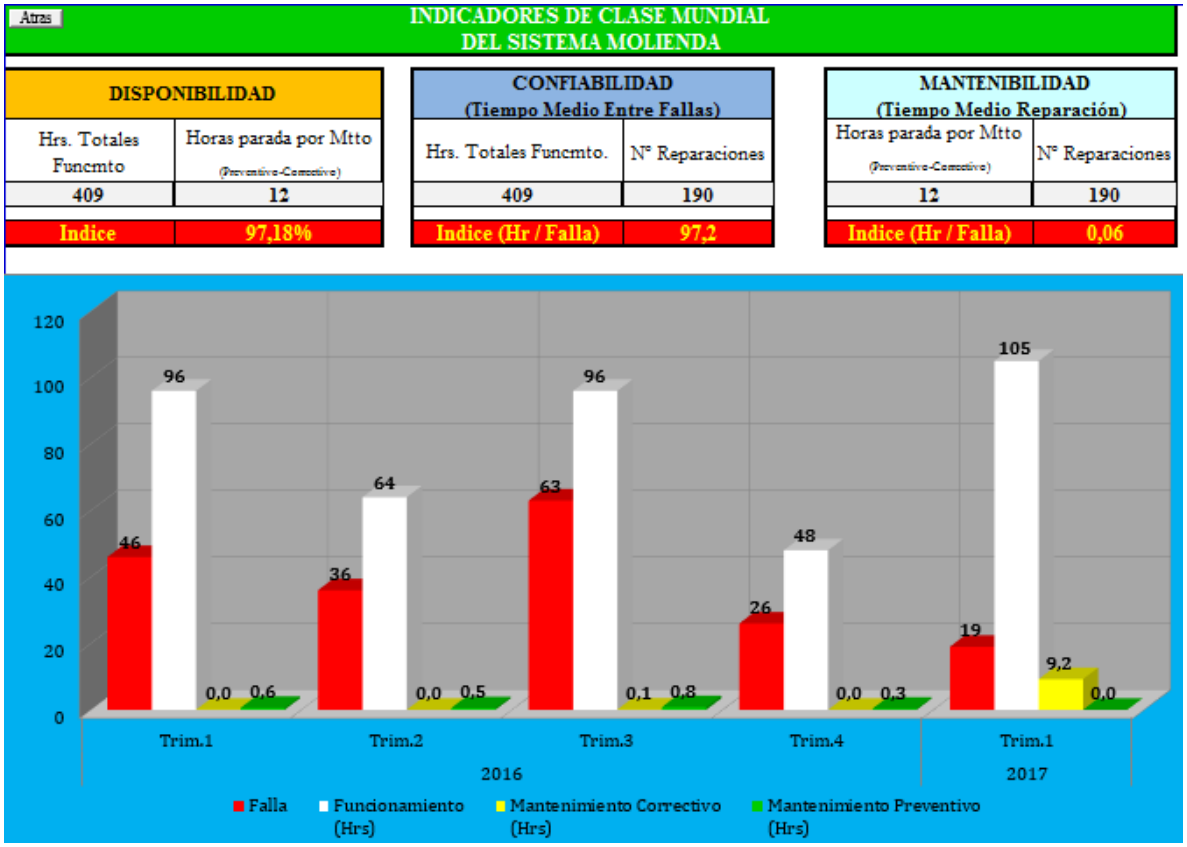
Página1 (Todas)

Suma de Valor		Falla	Funcionamiento (Hrs)	Mantenimiento Correctivo (Hrs)	Mantenimiento Preventivo (Hrs)	Total general
2016						
	Trim.1	46	96	0,04	0,59	142,63
	Trim.2	36	64	0,00	0,50	100,50
	Trim.3	63	96	0,08	0,81	159,89
	Trim.4	26	48	0,00	0,31	74,31
2017						
	Trim.1	19	105	9,22	0,00	133,22
Total general		190	409	9,34	2,21	611

Página 1

Aquí se encuentran los diferentes índices de cada indicador de clase mundial, (Disponibilidad, Confiablidad, Mantenibilidad), además se puede apreciar el gráfico de control, que permite evidenciar rápidamente, la información relevante para el cálculo de los indicadores las cuál es:

- Horas de funcionamiento.
- Horas de mantenimiento preventivo
- Horas de mantenimiento correctivo
- Numero de fallas presentadas



1.9 Informes De Mantenimiento

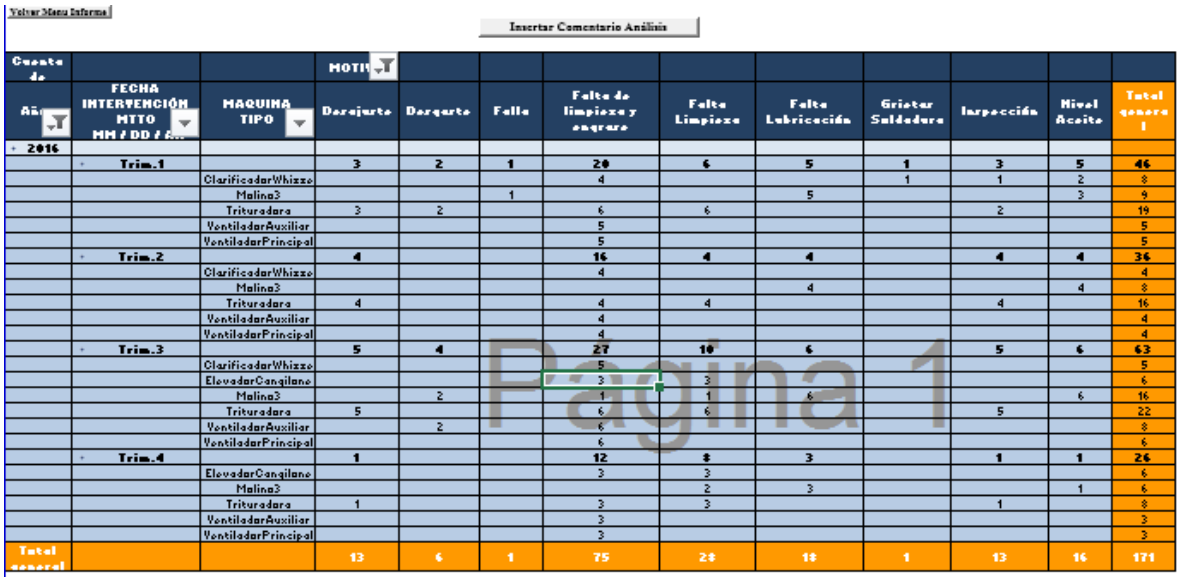
En esta sección se realiza los informes de la gestión de mantenimiento los cuales se pueden escoger entre varias opciones, depende del análisis que se quiera realizar, primero se debe dar clic en el siguiente botón para ingresar al menú de los informes:

Luego se debe escoger el trimestre y año que se quiere analizar, así como el informe que se va a generar.

1.8.1 Informe de Máquina vs Falla

Informe (Fallas vs Maquina)

Este botón permite ingresar hacia una tabla construida solo con las máquinas y sus fallas presentadas, como se puede apreciar, definiendo previamente el trimestre y año que se desea analizar:



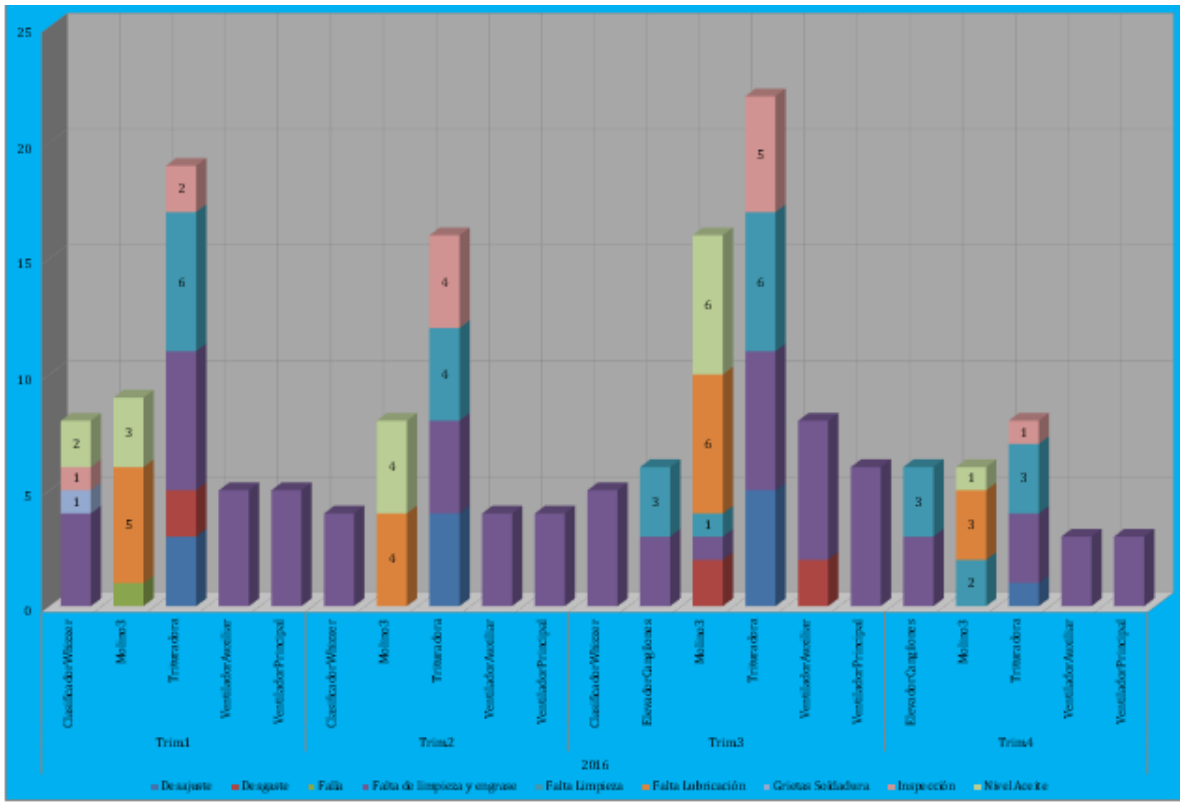
Volver Menu Informe

Insertar Comentario Análisis

Cuenta de			MOTIV									
Año	FECHA INTERVENCIÓN MTTO MM / DD / AA	MAQUINA TIPO	Desajuste	Desgaste	Falla	Falta de limpieza y engrase	Falta Limpieza	Falta Lubricación	Grietas Soldadura	Inspección	Nivel Aceite	Total general
2016												
	Trim.1		3	2	1	20	6	5	1	3	5	46
		ClarificadorWhizzo				4			1	1	2	8
		Molino3			1			5			3	9
		Trituradora	3	2		6	6			2		19
		VentiladorAuxiliar				5						5
		VentiladorPrincipal				5						5
	Trim.2		4			16	4	4		4	4	36
		ClarificadorWhizzo				4						4
		Molino3						4			4	8
		Trituradora	4			4	4			4		16
		VentiladorAuxiliar				4						4
		VentiladorPrincipal				4						4
	Trim.3		5	4		27	10	6		5	6	63
		ClarificadorWhizzo				5						5
		ElevadorCenizaLana				3	3					6
		Molino3		2		1	1	6			6	16
		Trituradora	5			6	6			5		22
		VentiladorAuxiliar		2		6						8
		VentiladorPrincipal				6						6
	Trim.4		1			12	8	3		1	1	26
		ElevadorCenizaLana				3	3					6
		Molino3					2	3			1	6
		Trituradora	1			3	3			1		8
		VentiladorAuxiliar				3						3
		VentiladorPrincipal				3						3
Total general			13	6	1	75	28	18	1	13	16	171

Pagina 1

En la primera parte se encuentra una tabla construida con las fallas que presentan cada una de las máquinas, registradas en el historial de mantenimiento, la fila y columna amarilla indican los totales tanto para cada máquina, como para cada falla.



Seguidamente se encuentra una gráfica de barras, que será muy útil a la hora de analizar e interpretar la información que se tienen al alcance.

1.8.2 Informe Componentes vs Fallas

Informe (Componentes vs Fallas)

Cumple la misma función que el anterior, con la gran diferencia que el análisis es para los componentes de las máquinas.

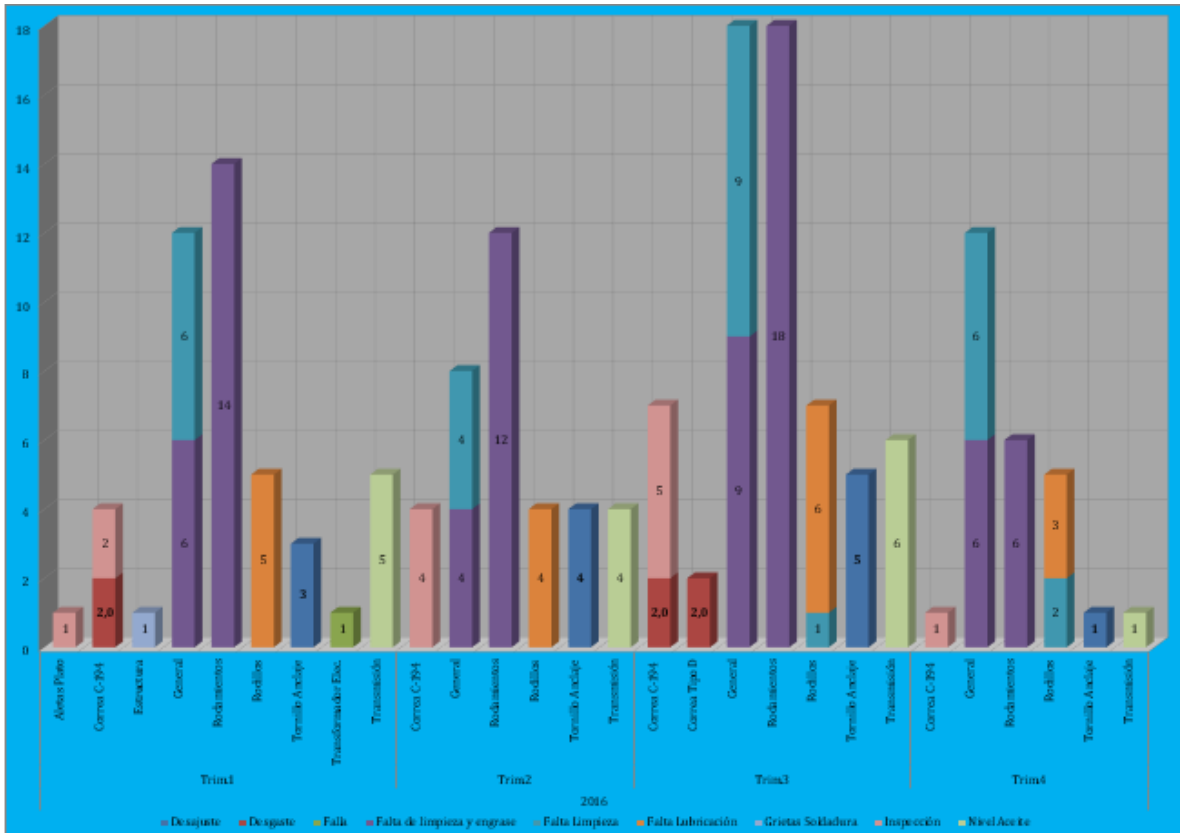
UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Volver Menu Informe

Insertar Comentario

Cuenta de			MOTO									
Años	FECHA INTERVENCIÓN MTTO MM / I	COMPONENTE (Item-Mantenible	Desajuste	Desgaste	Falla	Falta de limpieza y engras	Falta Limpieza	Falta Lubricación	Grietas Soldadura	Inspección	Nivel Aceite	Total general
2016												
	Trim.1		3	2	1	20	6	5	1	3	5	46
		Aletas Plato								1		1
		Correa C-194		2						2		4
		Estructura							1			1
		General				6	6					12
		Rodamientos				14						14
		Rodillos						5				5
		Tornillo Anclaje	3									3
		Transformador Elec.			1							1
		Transmisión									5	5
	Trim.2		4			16	4	4		4	4	36
		Correa C-194								4		4
		General				4	4					8
		Rodamientos				12						12
		Rodillos						4				4
		Tornillo Anclaje	4									4
		Transmisión									4	4
	Trim.3		5	4		27	10	6		5	6	63
		Correa C-194		2						5		7
		Correa Tipo D		2								2
		General				9	9					18
		Rodamientos				18						18
		Rodillos					1	6				7
		Tornillo Anclaje	5									5
		Transmisión									6	6
	Trim.4		1			12	8	3		1	1	26
		Correa C-194								1		1
		General				6	6					12
		Rodamientos				6						6
		Rodillos					2	3				5
		Tornillo Anclaje	1									1
		Transmisión									1	1
Total genera			13	6	1	75	28	18	1	13	16	171

Página 1



1.8.3 Informe Actividad vs Máquina

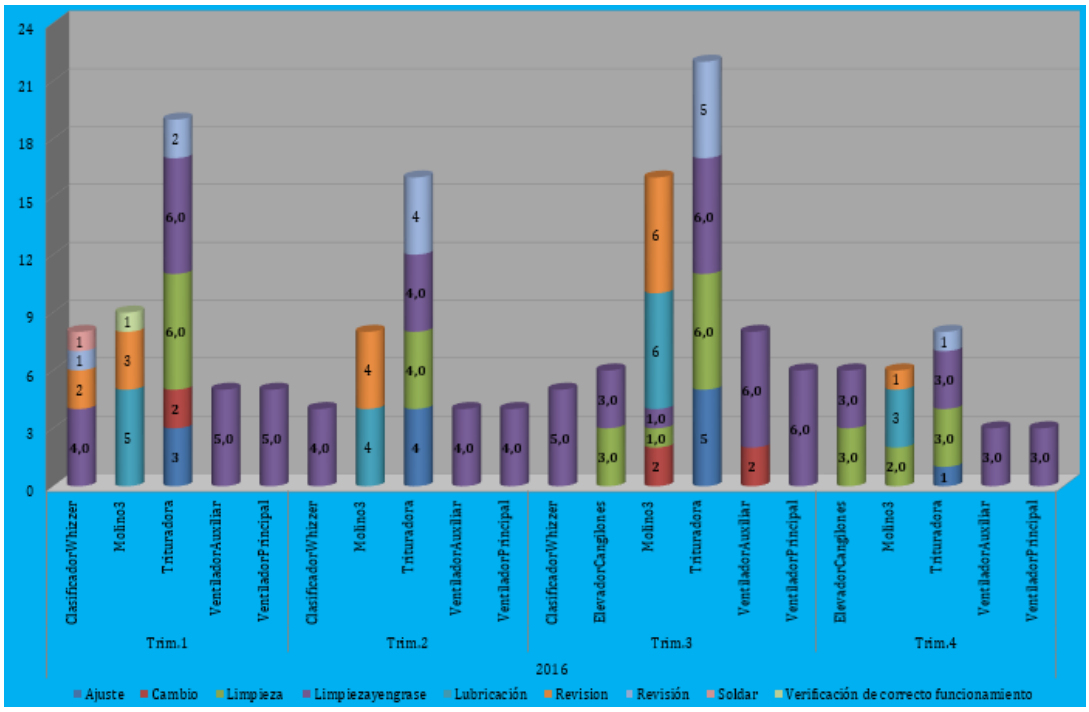
Informe (Actividad vs Máquina)

Este informe permite conocer las actividades realizadas a cada máquina, para con ello, identificar cual es la que más se está utilizando, y así poder mejorar la planeación del próximo mantenimiento.

Insertar Comentario Análisis

Canal de	FECHA INTERVENCIÓN HTI	MÁQUINA TIPO	ACTID									
A			Ajuste	Cambio	Limpieza	Limpiezayengrase	Lubricación	Revision	Revisión	Soldar	Verificación de correcto funcionamiento	Total general
- 2016												
	- Trim.1		3	2	5	28	5	5	3	1	1	45
		ClasificadorWhizzer				1		2	1	1		4
		Molino3					5	3			1	9
		Trituradora	3	2	5	5			2			17
		VentiladorAuxiliar				5						5
		VentiladorPrincipal				5						5
	- Trim.2		4		4	15	4	4	4			35
		ClasificadorWhizzer				1						1
		Molino3					4	4				8
		Trituradora	4		4	4			4			16
		VentiladorAuxiliar				4						4
		VentiladorPrincipal				4						4
	- Trim.3		5	4	18	27	5	5	5			69
		ClasificadorWhizzer				5						5
		ElevadorCanglones			3	3						6
		Molino3		2	4	4	5	5				15
		Trituradora	5		5	5			5			22
		VentiladorAuxiliar		2		6						8
		VentiladorPrincipal				6						6
	- Trim.4		1		8	12	3	1	1			26
		ElevadorCanglones			3	3						6
		Molino3			2		3	1				6
		Trituradora	1		3	3			1			8
		VentiladorAuxiliar				3						3
		VentiladorPrincipal				3						3
Total general			13	6	28	75	18	15	13	1	1	171

Página 1



1.8.4 Informe Repuestos vs Máquinas

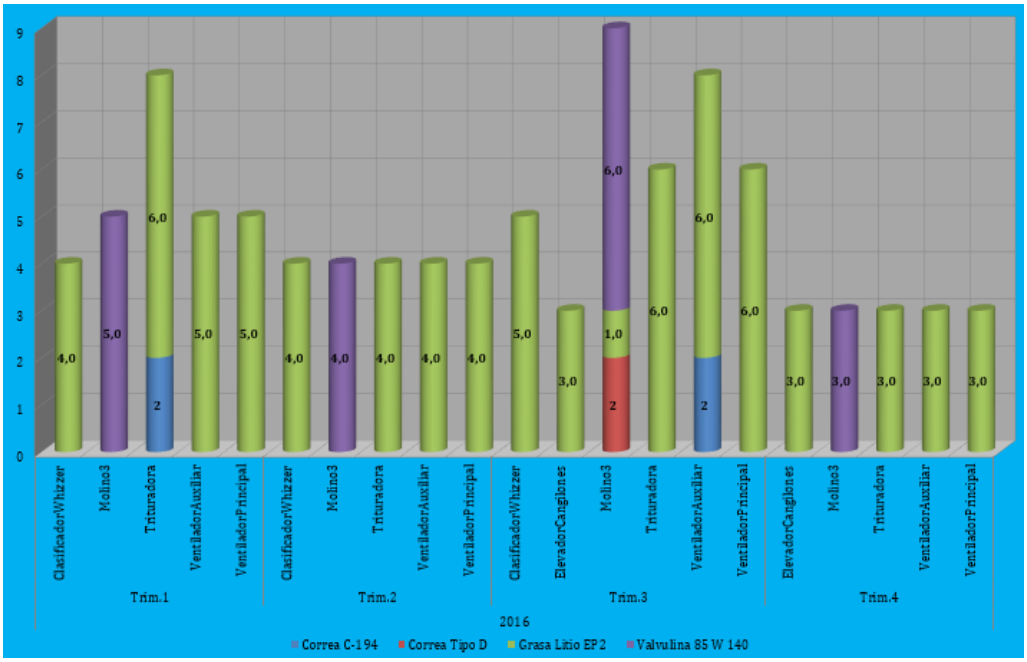
Informe (Repuestos vs Máquina)

Este informe permite conocer el nivel de consumo de repuestos para cada máquina, lo que contribuye mucho a la hora de administrar los repuestos, permite conocer los que más se utilizan en la labor de mantenimiento, para con ello tomar decisiones que lleven a optimizar el consumo de repuestos.

Volver Menu Informe

Insertar Comentario

Cuenta de Falla			REPUTO				
Años	FECHA INTERVENCIÓN MTTO MM / I	MAQUINA TIPO	Correa C-194	Correa Tipo D	Grasa Litio EP2	Valvulina 85 W 140	Total general
2016							
	Trim.1		2		20	5	27
		ClasificadorWhizzer			4		4
		Molino3				5	5
		Trituradora	2		6		8
		VentiladorAuxiliar			5		5
		VentiladorPrincipal			5		5
	Trim.2				16	4	20
		ClasificadorWhizzer			4		4
		Molino3				4	4
		Trituradora			4		4
		VentiladorAuxiliar			4		4
		VentiladorPrincipal			4		4
	Trim.3		2	2	27	6	37
		ClasificadorWhizzer			5		5
		ElevadorCangilones			3		3
		Molino3		2	1	6	9
		Trituradora			6		6
		VentiladorAuxiliar	2		6		8
		VentiladorPrincipal			6		6
	Trim.4				12	3	15
		ElevadorCangilones			3		3
		Molino3				3	3
		Trituradora			3		3
		VentiladorAuxiliar			3		3
		VentiladorPrincipal			3		3
Total general			4	2	75	18	99



1.8.5 Informe de Tiempo Mantenimiento Correctivo vs Tiempo Mantenimiento Preventivo

Informe (%Hrs M.Correctivo vs %Hrs.M.Preventivo)

Este informe muestra el tiempo utilizado en cada tipo de mantenimiento (Preventivo - Correctivo) por cada máquina, evidenciando la totalidad de cada uno de ellos.

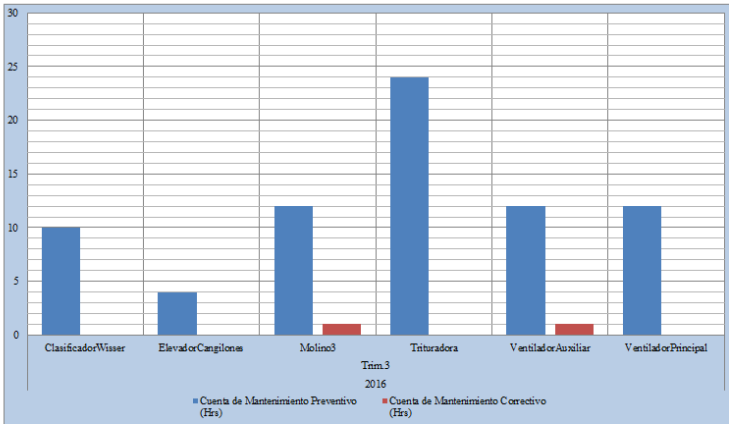
Volver Menu Informe

HORAS MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO

Insertar Comentario Análisis

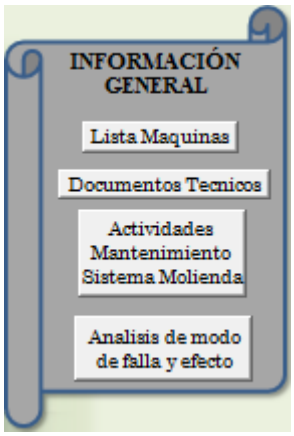
Tipos Mantenimiento x Máquina

			Cuenta de Mantenimiento Preventivo (Hrs)	Cuenta de Mantenimiento Correctivo (Hrs)
2016				
	Trim.3		74	2
		ClasificadorWisser	10	
		ElevadorCangilones	4	
		Molino3	12	1
		Trituradora	24	
		VentiladorAuxiliar	12	1
		VentiladorPrincipal	12	
Total general			74	2



1.9 Información General

En esta sección se encuentra información esencial para gestionar el plan de mantenimiento, la cual será muy útil a la hora de definir las tareas.



1.9.1 Lista De Máquinas

Con el siguiente botón, se ingresa a la lista de máquinas con sus respectivos componentes:

Lista Maquinas

Donde se visualiza cada una de las máquinas que componen el sistema de Molienda.

Menu Principal

LISTA MÁQUINAS Y COMPONENTES

ElevadorCangilones	VentiladorPrincipal	FiltroMangas	Ciclón	ClasificadorWhizzer	Molino3	Trituradora	Alimentador	VentiladorAuxiliar	Planta
Motorreductor 7.5 HP	Aspas	Estructura	Estructura	Estructura	Rodamientos	Correas C-194	Rodamientos	Aspas	Molino General
Poléas	Correas C-194	Jaulas	General	Rodamientos	Motorreductor		Rodamientos Molinete	Correas	
Cadena paso 80	Hélice	Vénturis	Rodamientos	Transmisión	Rodillos	Mandibulas	Motorreductor 3 HP	Hélice	
Cángilon		Selenoide	Motor Eléctrico 10 HP	Aletas Plato	Eje Central	Bielas Arrastre	Cadena	Correas C-194	
Rodamientos	Eje	Valvulas Diafragma	Motorreductor	General	Anillo Interior	Placas Articulación	General	Eje	
General	Rodamientos	Mangas		Motor Eléctrico 50 HP	Carcasa	Ejé Principal		Rodamientos	
	Motor Eléctrico 100 HP	Filtros compresor		Correas C-193	Masas	Tornillo Anclaje		Poleas	
	General	General			Uñas o Asadones	Rodamientos Volante		General	
		Correas			Transmisión	Pilman		Motor Eléctrico 60 HP	
		Nivel de aceite del compresor			Volante	Base de la trituradora, tolva y motor			
		Motor Eléctrico Compresor 10 HP			Motor Eléctrico 150 HP	General			

Página 1

1.9.2 Actividades Mantenimiento Sistema Molienda

Con el Botón "Actividades Mantenimiento Sistema Molienda" se ingresa a la tabla de las tareas de actividades de mantenimiento

Actividades Mantenimiento Sistema Molienda

Al dar clic en el botón se ingresa al siguiente formato:

Menu Principal

ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO SISTEMA MOLIENDA

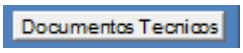
Revisión	Alineación	Limpieza	Lubricación	Limpiezayengrase	Cambio	InspecciónMolinoMarcha	Ajuste
Revisar su correcto funcionamiento	Alinear el rotor.	Limpieza Rodillos		Limpiar y engrasar con Valvulina 85 W 140 los rodamientos, retirando el polvo y el exceso de grasa.	Cambio de rodamientos	Inspección electrica	Ajuste tornillos de anclaje
Revisar elementos de desgaste	Alinear el conjunto Motor-Carga. Revisar el acoplamiento.	Limpie los depósitos de polvo, aceite y suciedad en la tapa del ventilador para mantener una buena ventilación y permitir un correcto	Lubricar con aceite Litio EP2	Engrasar Elevador Cangilones	Cambio del tornillo tensor	Inspección cuadros eléctricos	Ajuste tornillos de la carcasa
Revisar el nivel de aceite.	Alinear el Motorreductor		Lubricar, limpiar y revisar la correcta alineación de la cadena.	Engrasar Ventilador Principal		Inspeccionar la correcta calibración de la mandibula de la trituradora	Ajustar tornillos de la base de la trituradora, tolva y motor cambi de ser necesario.
Revisar la correcta alineación del eje principal.	Alinear las poleas	Limpieza Poleas	Lubricar con aceite Litio EP2 y limpiar	Engrasar Ventilador Auxiliar	Cambio de correas, no deden ceder 1/4 de pulgada en su punto	Inspeccionar que los cangilones no esten golpeando con las paredes	
	Alinear la cadena				Cambio de PT	Inspeccionar y controlar la vibración, ruido y temperatura.	
Revisar el estado, limpieza, alineación y tensado de las correas, no deden ceder 1/4 de pulgada en su punto medio.		Limpieza Volante		Limpieza y engrase del volante	Cambio del molinete		
		Limpieza Correas			Cambio de la base de la tolva		
Revisar que las masas no se frenen		Limpieza Mandibula		Limpiar y engrasar el pilman	Cambiar el aceite, con la máquina en temperatura de funcionamiento, para que la viscocidad del aceite frio no		
Revisasr el estado y sujeción de los cangilones a la cadena.		Limpieza Mangas		Limpieza y engrase del eje	Cambio de correas, no deden ceder 1/4 de pulgada en su punto		
Revisasr el estado y la perpendicularidad de las poleas.		Limpieza General		Limpieza y engrase general			
Revisar el estado del volante							
Revisar el estado, alineación y tensado de las correas							
Revisar estado de la Helice							
Revisar su correcto funcionamiento, piñones, acople, eje, conexiones electricas, mecanicas y rodamientos en busca de ruidos anormales							
Revisar el estado cilindrico y rigido de la estructura de las							
Revisar el correcto funcionamiento, del sistema de limpieza de mangas							
Revisar desgaste de las mangas por abrasión o envejecimiento, contraccion o elongación de las mangas, tensión errónea, mojadas, sin elasticidad o rotas. Cambiar de							

Página 1

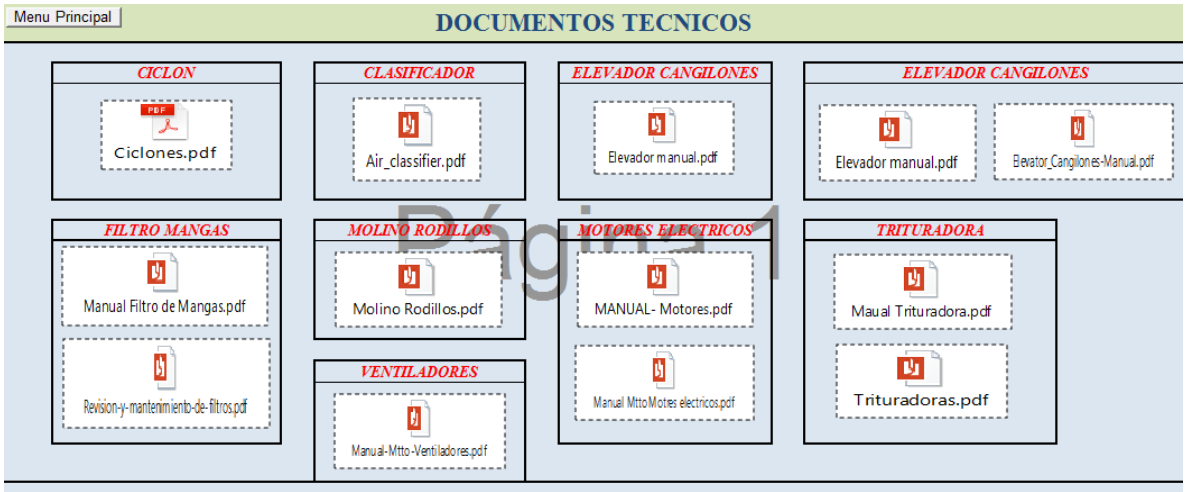
Donde se encuentran, las respectivas tareas de mantenimiento para cada actividad, aquí están todas las tareas del sistema de molienda, la utilidad de esta sección se basa en la programación de una nueva tarea, donde se elige entre todas las opciones presentes de una manera rápida y sencilla.

1.9.3 Documentos técnicos

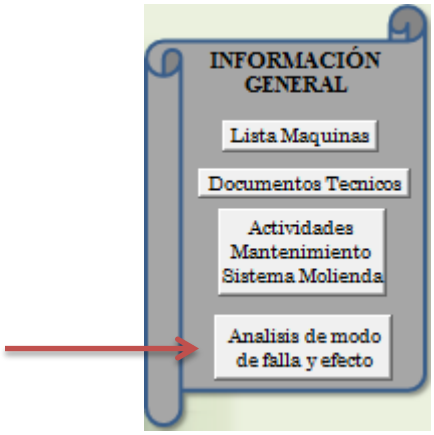
En el siguiente botón "Documentos técnicos "se encuentra una serie de archivos basados en técnicas y funcionamiento de las máquinas del sistema de molienda.



Se puede acceder a cualquiera de los anteriores archivos con doble clic, donde se ejecutarán los documentos que contienen información relevante en cuanto a instalación, funcionamiento, y mantenimiento de las máquinas.



1.9.4 Análisis de Modo de Falla y Efecto



Con este botón, se ingresa al formato del AMFE, para realizar un análisis completo de la falla presentada.

Anexo 2. Hojas de vida de los equipos

Hojas de vida equipos de molienda

Tabla 1. Ventiladores

DETALLE	**CARACTERÍSTICAS**
NOMBRE DEL EQUIPO	VENTILADOR PRINCIPAL
TIPO DE EQUIPO	
MARCA	PREFABRICADA
FABRICANTE Y LUGAR DE ORIGEN	AMERICANO
FECHA DE ADQUISICIÓN	1998
CARACTERÍSTICAS Y COMPONENTES DEL EQUIPO	1180rpm, motor de 100 HP, 7 correas tipo C
VOLTAJE	440V
SERVICIO EN EL QUE SE ENCUENTRA UBICADO	PRODUCCION MOLINO 1

DETALLE	CARACTERÍSTICAS
NOMBRE DEL EQUIPO	VENTILADOR AUXILIAR
TIPO DE EQUIPO	
MARCA	PREFABRICADA
FABRICANTE Y LUGAR DE ORIGEN	AMERICANO
FECHA DE ADQUISICIÓN	1998
CARACTERÍSTICAS Y COMPONENTES DEL EQUIPO	2300rpm, motor de 10 HP, 2 poleas tipo B
VOLTAJE	440V
SERVICIO EN EL QUE SE ENCUENTRA UBICADO	PRODUCCION MOLINO 1

Tabla 2. Alimentadores

DETALLE	CARACTERÍSTICAS
NOMBRE DEL EQUIPO	ALIMENTADOR
TIPO DE EQUIPO	
MARCA	PREFABRICADA
FABRICANTE Y LUGAR DE ORIGEN	NACIONAL
FECHA DE ADQUISICIÓN	2007
CARACTERÍSTICAS Y COMPONENTES DEL EQUIPO	30 rpm, 2HP, piñones de paso 80
VOLTAJE	440V
SERVICIO EN EL QUE SE ENCUENTRA UBICADO	PRODUCCION MOLINO 1

DETALLE	CARACTERÍSTICAS
NOMBRE DEL EQUIPO	ALIMENTADOR DEL MOLINO
TIPO DE EQUIPO	

MARCA	PREFABRICADA
FABRICANTE Y LUGAR DE ORIGEN	AMERICANO
FECHA DE ADQUISICIÓN	1998
CARACTERÍSTICAS Y COMPONENTES DEL EQUIPO	40 rpm, 3HP, 1 polea tipo B
VOLTAJE	440V
SERVICIO EN EL QUE SE ENCUENTRA UBICADO	PRODUCCION MOLINO 1

Tabla 3. Clasificador

DETALLE	**CARACTERÍSTICAS**
NOMBRE DEL EQUIPO	CLASIFICADOR
TIPO DE EQUIPO	
MARCA	PREFABRICADA
FABRICANTE Y LUGAR DE ORIGEN	AMERICANO
FECHA DE ADQUISICIÓN	1998
CARACTERÍSTICAS Y COMPONENTES DEL EQUIPO	1180 rpm, Motor de 15 HP , 4 poleas tipo B
VOLTAJE	440V
SERVICIO EN EL QUE SE ENCUENTRA UBICADO	PRODUCCION MOLINO 1

Tabla 4. Elevador

DETALLE	**CARACTERÍSTICAS**
NOMBRE DEL EQUIPO	ELEVADOR 1
TIPO DE EQUIPO	
MARCA	PREFABRICADA

FABRICANTE Y LUGAR DE ORIGEN	LUIS GARCIA
FECHA DE ADQUISICIÓN	2007
CARACTERÍSTICAS Y COMPONENTES DEL EQUIPO	Trabaja a 45rpm , 50 Cangilones, motor de 7.5HP,
VOLTAJE	440V
SERVICIO EN EL QUE SE ENCUENTRA UBICADO	PRODUCCION MOLINO 1

Tabla 5. Ventilador

DETALLE	**CARACTERÍSTICAS**
NOMBRE DEL EQUIPO	VENTILADOR PRINCIPAL
TIPO DE EQUIPO	
MARCA	PREFABRICADA
FABRICANTE Y LUGAR DE ORIGEN	AMERICANO
FECHA DE ADQUISICIÓN	1998
CARACTERÍSTICAS Y COMPONENTES DEL EQUIPO	1180rpm, motor de 100 HP, 7 correas tipo C
VOLTAJE	440V
SERVICIO EN EL QUE SE ENCUENTRA UBICADO	PRODUCCION MOLINO 1

DETALLE	**CARACTERÍSTICAS**
NOMBRE DEL EQUIPO	VENTILADOR DE FILTRO DE MANGAS
TIPO DE EQUIPO	
MARCA	PREFABRICADA
FABRICANTE Y LUGAR DE ORIGEN	NACIONAL
FECHA DE ADQUISICIÓN	2007
CARACTERÍSTICAS Y COMPONENTES DEL EQUIPO	Motor reductor de 10 HP, 2 poleas tipo B

VOLTAJE	440V
SERVICIO EN EL QUE SE ENCUENTRA UBICADO	PRODUCCION MOLINO 1

Tabla 6. Molino

DETALLE	**CARACTERÍSTICAS**
NOMBRE DEL EQUIPO	**MOLINO 2**
TIPO DE EQUIPO	MOLINO DE MARTILLOS
MARCA	PREFABRICADO
FABRICANTE Y LUGAR DE ORIGEN	NACIONAL
FECHA DE ADQUISICIÓN	2007
CARACTERÍSTICAS Y COMPONENTES DEL EQUIPO	Capacidad 5Tn/Hora , Trabaja 1600rpm, 440V, 3 martillos, motor 40HP, 2 Poleas tipo C de 4 correas Componentes: masas, tolva, clasificador, ventiladores, anillos
VOLTAJE	440V
SERVICIO EN EL QUE SE ENCUENTRA UBICADO	PRODUCCION

Tabla 7. Trituradora

DETALLE	**CARACTERÍSTICAS**
NOMBRE DEL EQUIPO	**MOLINO 2**
TIPO DE EQUIPO	TRITURADORA PRIMARIA DE 20*36 PULGADAS
MARCA	
MODELO	PREFABRICADA
FABRICANTE Y LUGAR DE ORIGEN	A.C Andes
FECHA DE ADQUISICIÓN	Febrero 2013

CARACTERÍSTICAS Y COMPONENTES DEL EQUIPO	Trabaja a 290rpm, con un motor de 60HP, 7 poleas tipo C, Rendimiento de material triturado 5Tn/Hora, salida del producto triturado 1 pulgada.
VOLTAJE	440V
SERVICIO EN EL QUE SE ENCUENTRA UBICADO	PRODUCCION

Tabla 8. Elevador de cangilones

DETALLE	**CARACTERÍSTICAS**
NOMBRE DEL EQUIPO	ELEVADOR DE CANGILONES
TIPO DE EQUIPO	
MARCA	
MODELO	PREFABRICADA
FABRICANTE Y LUGAR DE ORIGEN	AMERICANO
FECHA DE ADQUISICIÓN	1998
CARACTERÍSTICAS Y COMPONENTES DEL EQUIPO	43 vasos, motoreductor 7,5 HP, 50rpm, cadena paso 80 Trabaja a 350rpm, motor de 24 HP, poleas tipo B, rendimiento 4Tn/hora, salida material triturado 1 pulgada
VOLTAJE	440V
SERVICIO EN EL QUE SE ENCUENTRA UBICADO	PRODUCCION MOLINO 1

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Anexo 3. Inventario general herramientas Colminerales Ltda.

CANTIDAD	ARTICULO	REFERENCIA	MARCA
1	LLAVE	5/16 MIXTA	NINGUNA
1	LLAVE	7mm Estrella	DRAIFORGE
2	LLAVES	½ MIXTA	BANCO
2	LLAVES	9/16 MIXTA	VANADIUM
1	LLAVE	5/8 MIXTA	STANLEY
1	LLAVE	11/16 MIXTA	STANLEY
1	LLAVE	14 mm MIXTA	VANADIUM
2	LLAVES	3/4 MIXTA	SURTEK
2	LLAVES	3/4 MIXTA	STANLEY
1	LLAVE	13/16 MIXTA	PROFESIONAL
1	LLAVE	15/16 MIXTA	VANADIUM
1	LLAVE	15/16	CLEIN
2	LLAVES	$1\ ^{1/8} * 1\ ^{1/16}$ ESTRELLA	VANADIUM
1	LLAVE	$1\ ^{5/16}$ MIXTA	STANLEY
1	LLAVE	1 ½ MIXTA	STANLEY
1	LLAVE	EXPANSIVA 12	FORGED
1	LLAVE	EXPANSIVA 18	FORGED
1	LLAVE	TUBO 14	RIDGID
1	REMACHADORA		EARGRIP
1	GRAPADORA	DE MEDIA	PEGASUS
2	GRAPADORAS	12	NINGUNA
1	GRAPADORA	5/8	YBICO
1	TIJERA	CORTAR LAMINA	
1	ALICATE	CORTAR CABLE	
2	EXTENSIONES – CORTAS	DE MEDIA PARA COPA	NINGUNA
2	EXTENSIONES – LARGAS	DE MEDIA	CHALENGER
1	ESCUADRA	23 PULGADAS	
1	ESCUADRA NIVEL		
1	NIVEL		STANLEY
1	EXTENSION	¾ PARA COPA	NINGUNA
1	VOLVEDOR	DE MEDIA	VANADIUM
1	ZUNCHADORA	ZUNCHO PLASTICO	NINGUNA
1	LLAVE CADENA	PARA SOLTAR FILTROS	
5	DESTORNILLADORES	PALA	NINGUNA
1	COPA	3/8	CHALENGER

1	COPA	15mm	STANLEY
1	COPA	3/4	VANADIUM
1	COPA	22mm	VANADIUM
1	COPA	1 1/16	CHALENGER
1	COPA	1 1/4	CHALENGER
1	COPA	1 1/2	AMPRO
1	COPA	1 7/8	VANADIUM
1	COPA	10mm	VANADIUM
1	COPA	16MM	NINGUNA
1	COPA	19mm	NINGUNA
1	COPA	7/8	CHALENGER
1	COPA	27mm	VANADIUM
1	COPA	32mm	VANADIUM
1	COPA	1 9/16	VANADIUM
1	COPA	2 PULGADAS	VANADIUM
1	COPA	11mm	VANADIUM
1	COPA	5/8	CHALENGER
1	COPA	20mm	VANADIUM
1	COPA	23 mm	VANADIUM
1	COPA	1 1/8	CHALENGER
1	COPA	1 5/16	MAL ESTADO
1	COPA	1 5/8	VANADIUM
1	COPA	12MM	STANLEY
1	COPA	11/16	CHALENGER
1	COPA	13/16	CHALENGER
1	COPA	24MM	VANADIUM
1	COPA	1 1/8	PROFESIONAL
1	COPA	1 3/8	VANADIUM
1	COPA	1 1/8	VANADIUM
1	COPA	13 MM	SUPER
1	COPA	17 MM	STANLEY
1	COPA	21MM	VANADIUM
1	COPA	1 PULGADA	VANADIUM
1	COPA	1 1/16	NINGUNA
1	COPA	1 13/16	FOY
1	DIFERENCIAL	PARA 5 TON	OSAKA
1	EQUIPO	UCSI - CORTE	VICTOR
1	EQUIPO	SOLDAR PARA 400 AMP	LINCOM
1	CERRADORA DE SACOS	NP-7A Serial :B12k90	NEWLONG

		No. 241075	
1	CERRADORA DE SACOS	NP-7A No. 241075	NEWLONG
1	CERRADORA DE SACOS	NP-7A No. 241076	NEWLONG
1	CERRADORA DE SACO	310178F	FISCHBCIN
1	CERRADORA DE SACO	308343F	FISCHBCIN
1	RACHE	3/4	VANADIUM
1	PULIDORA		PORCH
1	TALADRO DE BANCO	1/2	NINGUNA
1	TALADRO DE MANO	1/2	NINGUNA
1	BASCULAS ELECTRONICAS PARA PESAR SACOS	Serie : T0500506414	HOWE
1	BASCULAS ELECTRONICAS PARA PESAR SACOS	Serie :T050506912	HOWE
1	BASCULAS ELECTRONICAS PARA PESAR SACOS	Serie :T060301332	HOWE
1	MONTACARGA		HISTER
1	REACHE	3/4	VANADIUM
1	MOTORTOOL		BOSH
1	HOMBRESOLO		CRAFTSMAN

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Anexo 4. AMFE – Ventilador principal – Auxiliar

HOJA DE TRABAJO AMFE

Sección:	Molino 3	**Realizado por:**		**Hoja nº:**	**129451**
Equipo:	Ventiladores Principal - Auxiliar	**Fecha:**	miércoles, 22 de febrero de 2017		

Componente	Función	Fallo funcional	Mode de falla	Valoración				Mantenimiento	Frecuencia (Hrs)	Recomendación
				F	G	D	NPR			
CorreaTipo C-194	Transimitir el movimiento al sistema	No generan movimiento	Bandas flojas o dañadas	7	6	2	84	Revisar el estado, limpieza, alineación y tensado de las correas, no deden ceder 1/4 de pulgada en su punto medio.	3000	
Eje	Permitir el giro de los componentes alrededor del eje de rotación coincidiendo con el eje principal de inercia.	Los componentes que giran alrededor del eje de rotación no coinciden con el eje	Desbalance. Acumulación de material, polvo, suciedad y otras sustancias.	3	5	5	75	Revisar la correcta alineación del eje principal.	3000	
Eje	Mantener el polvo y los contaminantes lejos del eje, mientras mantiene la lubricación dentro de su alojamiento, garantizando temperaturas normales	Ruido excesivo, desgaste rapido, temperaturas altas	Falta de grasa o exceso de ella.	6	6	3	108	Limpieza y engrase del eje	6000	
Motor Eléctrico 100 HP	Suministrar el movimiento a una potencia adecuada y con un nivel de vibración minimo.	No suministra aire	Bajo rendimiento	3	7	1	21	Revisar el correcto funcionamiento	3000	
Rodamientos	No permitir el contacto directo entre sus elementos rodantes, los caminos de rodadura y las jaulas.	Ruido excesivo, desgaste rapido, temperaturas altas	Falta de grasa o exceso de ella.	10	5	3	150	Limpiar y engrasar con Valvulina 85 W 140 los rodamientos, retirando el polvo y el exceso de	220	
Rodamientos	Permitir la rotación de sus partes en movimiento bajo carga a altas velocidades, con precisión y con un rozamiento minimo	No permite el libre movimiento de las partes rotativas	Deterioro de los aros y elementos rodantes, evidenciando juego excesivo	5	8	2	80	Cambio de rodamientos	6000	

Anexo 5. AMFE – Alimentador.

HOJA DE TRABAJO AMFE

Sección:	Molino 3	**Realizado por:**		**Hoja nº:**	**129451**
Equipo:	Alimentador	**Fecha:**	miércoles, 22 de febrero de 2017		

Componente	Función	Fallo funcional	Mode de falla	Valoración				Mantenimiento	Frecuencia (Hrs)	Recomendación
				F	G	D	NPR			
Cadena	Transmitir el movimiento de las poleas al alimentador, uniformemente	No trasmite un movimiento libre	Desgaste y ruido excesivo de la cadena	3	8	3	72	Lubricar, limpiar y revisar la correcta alineación de la cadena	280	
Motorreductor	Mantener correctamente alineado el conjunto Motoreductor-Alimentador	Movimiento inapropiado, no gira en el centro de los ejes	Desalineamiento que genera un efecto de serpenteo	5	3	7	105	Alinear el motorreductor	280	
Motorreductor	Lubricar las partes rotativas, reduciendo la fricción, disipando el calor, evitando el contacto con contaminantes	Falta lubricación	Desgaste, temperaturas excesivas, presencia de contaminates	8	5	4	160	Revisar el nivel de aceite, y limpiar las superficies del cuerpo de reductor, las vias de ventilación.	280	
Motorreductor	Lubricar las partes rotativas, reduciendo la fricción, disipando el calor, evitando el contacto con contaminantes	Falta lubricación	Desgaste, temperaturas excesivas, presencia de contaminates	7	4	7	196	Cambiar el aceite, con la máquina en temperatura de funcionamiento, para que la viscocidad del aceite frio no dificulte su	2000	
Motorreductor	Mantener correctamente alineado el conjunto Motoreductor-Alimentador	Vibración excesiva, desajuste	Rotura de tornillos y ruido excesivo	7	3	7	147	Revisar que los tornillos estén apretados y apriételos cuando sea necesario, verificar que no hayan fugas en los uniones del	280	
Rodamientos	Permitir la rotación de sus partes en movimiento bajo carga a altas velocidades, con precisión y con un rozamiento minimo	No permite el libre movimiento de las partes rotativas	Deterioro de los aros y elementos rodantes, evidenciando juego excesivo	3	7	3	63	Limpiar y engrasar con Valvulina 85 W 140 los rodamientos, retirando el polvo y el exceso de grasa.	280	
Rodamientos Molinete	Permitir la rotación de sus partes en movimiento bajo carga a altas velocidades, con precisión y con un rozamiento minimo	No permite el libre movimiento de las partes rotativas	Deterioro de los aros y elementos rodantes, evidenciando juego excesivo	2	7	3	42	Cambio rodamientos	15000	

Anexo 6. AMFE – Ciclón.

HOJA DE TRABAJO AMFE

Sección:	Molino 3	**Realizado por:**		**Hoja nº:**	**129451**
Equipo:	Ciclón	**Fecha:**	miércoles, 22 de febrero de 2017		

Componente	Función	Fallo funcional	Mode de falla	Valoración				Mantenimiento	Frecuencia (Hrs)	Recomendación
				F	G	D	NPR			
Motorreductor	Lubricar las partes rotativas, reduciendo la fricción, disipando el calor, evitando el contacto con contaminantes	Falta lubricación	Desgaste, temperaturas excesivas, presencia de contaminates	8	5	4	160	Revisar el nivel de aceite, y limpiar las superficies del cuerpo de reductor, las vias de ventilación.	280	
Motorreductor	Lubricar las partes rotativas, reduciendo la fricción, disipando el calor, evitando el contacto con contaminantes	Falta lubricación	Desgaste, temperaturas excesivas, presencia de contaminates	5	3	5	75	Cambiar el aceite, con la máquina en temperatura de funcionamiento, para que la viscocidad del aceite frio no dificulte su salida.	2000	
Motorreductor	Mantener correctamente alineado el conjunto Motoreductor-Alimentador	Movimiento inapropiado, no gira en el centro de los	Desalineamiento que genera un efecto de serpenteo	6	4	4	96	Alinear el Motorreductor	280	
Motorreductor	Mantener correctamente alineado el conjunto Motoreductor-Alimentador	Vibración excesiva, desajuste	Rotura de tornillos, ruido excesivo y fugas	7	3	6	126	Revisar que los tornillos estén apretados y apriétarlos cuando sea necesario, verificar que no hayan fugas en los uniones del cuerpo	500	
Rodamientos	Permitir la rotación de sus partes en movimiento bajo carga a altas velocidades, con precisión y con un rozamiento minimo	Ruido excesivo, desgaste rapido, temperaturas altas	Falta de grasa o exceso de ella.	10	5	3	150	Limpieza y engrase de los rodamientos, retirando el polvo y el exceso de grasa.	280	

Anexo 7. AMFE – Clasificador Whizzer.

HOJA DE TRABAJO AMFE

Sección:	Molino 3	**Realizado por:**		**Hoja n°:**	**129451**
Equipo:	Clasifiacador Whizzer	**Fecha:**	miércoles, 22 de febrero de 2017		

Componente	Función	Fallo funcional	Mode de falla	Valoración				Mantenimiento	Frecuencia	Recomendación
				F	G	D	NPR			
Aletas Plato	Aceleran las rotación de la corriente de aire, en forma de espiral.	No acelera la corriente de aire	Bajo rendimiento del clasificador	3	6	6	108	Revisar el correcto ajuste de las partes rotativas	560	
Clasificador Whizzer	Clasificar la piedra de acuerdo a la malla que se requiera, modificando la velocidad (revoluciones/min)	No clasifica	Falla del motor, taponamiento de material en las entradas y salidas, correas rotas, rodamientos en mal estado, damper cerrado.	4	4	3	48	Revisar su correcto funcionamiento	280	
Correa C-194	Transmitir la fuerza del motor eléctrico, a la polea y volante.	Se deslizan o no tienen el contacto correcto con el volante	Correas flojas o dañadas. Bajo rendimiento de la trituradra	4	8	6	192	Revisar el estado, limpieza, alineación y tensado de las correas, no deden ceder 1/4 de pulgada en su punto medio.	280	
Correa C-194	Transmitir la fuerza del motor eléctrico, a la polea y volante.	Se deslizan o no tienen el contacto correcto con el volante	Correas flojas o dañadas. Bajo rendimiento de la trituradra	4	8	6	192	Cambio de correas, no deden ceder 1/4 de pulgada en su punto medio.	800	
Estructura	Contener la mezcla de aire y material dentro de la estructura	No contiene la mezcla	Salida de aire y material molido	3	3	5	45	Revisar la estructura completa, pernos deformados, roturas de las soldaduras, pintura desconchada, corrosiones, etc...	280	
Rodamientos	Permitir la rotación de sus partes en movimiento bajo carga a altas velocidades, con precisión y con un rozamiento mínimo	No permite el libre movimiento de las partes rotativas	Deterioro de los aros y elementos rodantes, evidenciando juego excesivo	3	7	3	63	Limpiar y engrasar con Valvulina 85 W 140 los rodamientos, retirando el polvo y el exceso de grasa.	280	
Transmisión	Lubricar las partes rotativas, reduciendo la fricción, disipando el calor, evitando el contacto con contaminantes	Temperaturas excesivas	Falta de lubricación, o lubricación excesiva	4	4	4	64	Revisar el nivel de aceite.	560	
Transmisión	Lubricar las partes rotativas, reduciendo la fricción, disipando el calor, evitando el contacto con contaminantes	Falta de aceite	Altas temperaturas. Desgaste excesivo, Falta de lubricación.	5	6	7	210	Cambiar el aceite, con la máquina en temperatura de funcionamiento, para que la viscocidad del aceite frio no dificulte su salida.	3000	

Anexo 8. AMFE – Elevador Cangilones.

HOJA DE TRABAJO AMFE

Sección:	Molino 3	**Realizado por:**		**Hoja n°:**	**129451**
Equipo:	Elevador Cangilones	**Fecha:**	miércoles, 22 de febrero de 2017		

Componente	Función	Fallo funcional	Mode de falla	Valoración				Mantenimiento	Frecuencia (Hrs)	Recomendación
				F	G	D	NPR			
Cadena paso 80	Soportar el peso de los cangilones y trasmitirles un movimiento vertical ciclico para que realicen la alimentación del material.	No existe un movimiento vertical libre y uniforme	Movimiento no apropiado, con excesivo ruido y vibración	4	5	5	100	Lubricar, limpiar y revisar la correcta alineación de la cadena	280	
Cangilones	Contener y trasportar el material de salida de la trituradora	No contiene ni transporta el material. No alimenta correctamente el molino.	Desprendimiento del cangilon de la banda por desgaste, ocasionando que la tornillería del sistema de sujeción se fracture. Reduccion del rendimiento del flujo de material saliente	3	8	3	72	Revisasr el estado y sujeción de los cangilones a la cadena.	550	
Motor Reductor	Lubricar las partes rotativas, reduciendo la fricción, disipando el calor, evitando el contacto con contaminantes	Falta lubricación	Desgaste, temperaturas excesivas, presencia de contaminates	3	5	4	60	Revisar el nivel de aceite, y limpiar las superficies del cuerpo de reductor, las vias de ventilación.	280	
Motorreductor	Lubricar las partes rotativas, reduciendo la fricción, disipando el calor, evitando el contacto con contaminantes	Falta lubricación	Desgaste, temperaturas excesivas, presencia de contaminates	3	5	4	60	Cambiar el aceite, con la máquina en temperatura de funcionamiento, para que la viscocidad del aceite frio no dificulte su salida.	2000	
Rodamientos	No permitir el contacto directo entre sus elementos rodantes, los caminos de rodadura y	Ruido excesivo, desgaste rapido,	Falta de grasa o exceso de ella.	10	5	3	150	Limpieza y engrase de los rodamientos, retirando el polvo y el exceso de grasa.	280	

Anexo 9. AMFE – Filtro mangas.

HOJA DE TRABAJO AMFE

Sección:	Molino 3	**Realizado por:**		**Hoja n°:**	**129451**
Equipo:	Filtro Mangas	**Fecha:**	miércoles, 22 de febrero de 2017		

Componente	Función	Fallo funcional	Mode de falla	Valoración				Mantenimiento	Frecuencia (Hrs)	Recomendación
				F	G	D	NPR			
Correas compresor	Transmitir la potencia del motor al compresor	No transmiten el correcto movimiento para el funcionamiento	Correas estiradas, mal alineadas, perdida de potencia.	5	3	5	75	Revisar el estado, limpieza, alineación y tensado de las correas, no deben ceder 1/4 de pulgada en su punto medio.	280	
Estructura	No permitir fugas de aire y material	Fugas de aire y material	No esta hermeticamente sellada la estructura. Tiene aperturas en la estructura. Falla en las uniones de soldadura	5	3	5	75	Revisar la estructura completa, pernos deformados, roturas de las soldaduras, pintura desconchada, corrosiones, etc...	280	
Filtros compresor	Filtrar las impurezas, particulas solidas, vapor de agua	No realiza a filtración	Paso de particulas solidas y/o liquidos. Taponamiento, disminución de la presión.	6	5	6	180	Limpieza General	8000	
Jaulas	Servir de estructura metalica para apoyar las mangas, formando un conjunto cilindrico y rigido	No sirve de estructura	Mangas sin la estructura cilindrica y rigida.	4	5	7	140	Revisar el estado cilindrico y rigido de la estructura de las jaulas.	560	
Mangas	Filtrar el aire del polvo, ya que el aire atraviesa las mangas y las partículas sólidas se quedan prendidas en la pared exterior.	No realiza la filtración	Mangas desgastadas, rotas, contraidas, excesiva elongación, mojadas. Baja eficiencia de filtración	4	5	7	140	Revisar desgaste de las mangas por abrasión o envejecimiento, contraccion o elongación de las mangas, tensión erronea, mojadas, sin elasticidad o rotas. Cambiar de ser necesario.	560	
Nivel de aceite compresor	Lubricar las partes rotativas, reduciendo la fricción, disipando el calor, evitando el contacto con contaminantes	Falta lubricación	Desgaste, temperaturas excesivas, presencia de contaminates	4	4	6	96	Cambiar el aceite, con la máquina en temperatura de funcionamiento, para que la viscocidad del aceite frio no dificulte su salida.	2000	
Selenoides	Sirven para transformar los pulsos eléctricos generados por el programador de control secuencial temporizado electrónico en impulsos neumáticos que van a actuar sobre las válvulas de diafragma	No transmite los impulsos neumaticos a las valvulas de diafragma	No funciona correctamente el sistema de limpieza de las mangas. Mangas sucias, con exceso de polvo. Baja eficiencia de filtración.	6	6	5	180	Revisar el correcto funcionamiento del sistema de limpieza de las magas	280	
Valvulas de diafragma	Permiten el paso de un caudal de aire comprimido para limpiar las mangas.	No permite el paso de caudal de aire	No funciona correctamente el sistema de limpieza de las mangas. Mangas sucias, con exceso de polvo. Baja eficiencia de filtración. Suministro de	2	7	8	112	Revisar el correcto funcionamiento del sistema de limpieza de las magas	280	
Venturis	Limpiar las mangas desprendiendo el material que esta impregnado, por medio de un sinyección de aire comprimido, que atraviesa el interior de la manga.	No se realiza la correcta limpieza de las mangas.	Venturis desgastados, tapados, mal alineados. Baja eficiencia de filtración	3	5	8	120	Revisar que los 10 venturis esten succionando correctamente, signos de desgaste.	280	

Anexo 10. AMFE – Molino.

HOJA DE TRABAJO AMFE

Sección:	Molino 3	**Realizado por:**		**Hoja n°:**	129451
Equipo:	Molino	**Fecha:**	lunes, 27 de febrero de 2017		

Componente	Función	Fallo funcional	Mode de falla	Valoración F	G	D	NPR	Mantenimiento	Frecuencia (Hrs)	Recomendación
Carcasa	Contener el material en el interior del molino	No contiene el material	Tornillos desajustados, o casco roto	3	4	4	48	Ajustar tornillos de la carcasa	8000	
Correa Tipo-D	Transmitir la fuerza del motor eléctrico, a la polea y volante.	Se deslizan o no tienen el contacto correcto con el volante	Correas flojas o dañadas. Bajo rendimiento de la trituradra	4	7	3	84	Cambio de correas, no deden ceder 1/4 de pulgada en su punto medio.	2500	
Motor Eléctrico 150 HP	Suministrar el flujo de aire para enfriar el motor	No realiza la ventilación del motor	Temperaturas excesivas. Sobrecalentamiento	8	5	2	80	Limpie los depósitos de polvo, aceite y suciedad en la tapa del ventilador para mantener una buena ventilación y permitir un correcto enfriamiento del motor;	220	
Motor Eléctrico 150 HP	Transmitir 240 RPM al molino con un nivel de vibración minimo.	No trasmite el movimiento sin vibraciones excesivas	Falla del motor	6	7	6	252	Revisar su correcto funcionamiento, piñones, acople, eje, conexiones electricas, mecanicas y rodamientos en busca de ruidos anomalos	10000	
Rodamientos	No permitir el contacto entre sus partes rotativas	Ruido excesivo, desgaste rapido, temperaturas altas	Falta de grasa o exceso de ella.	10	5	3	150	Limpiar y engrasar con Valvulina 85 W 140 los rodamientos, retirando el polvo y el exceso de grasa.	280	
Rodamientos	Permitir la rotación de sus partes en movimiento bajo carga a altas velocidades, con precisión y con un rozamiento mínimo	No permite el libre movimiento de las partes rotativas	Deterioro de los aros y elementos rodantes, evidenciando juego excesivo	5	8	2	80	Cambio de rodamientos	16000	
Rodillos	Moler	No muele al rendimiento adecuado medido en Ton/Hra	Desgaste de cuerpos moledores	3	6	1	18	Revisar el estado de los rodillos y su libre movimiento.	5000	
Rodillos	Mantener el polvo y los contaminantes lejos mantieneniendo la lubricación, garantizando.temperaturas normales	Ruido excesivo, desgaste rapido, temperaturas altas	Ruidos anomalos. Vibracion excesiva	10	7	5	350	Lubricar con grasa Valvulina 85 W 140 y limpiar	280	
Transformador Electrico	Suministrar la energia electrica al sistema	No suministra energia electrica	Falla	2	8	1	16	Revisar su correcto funcionamiento	16000	
Transmisión	Reducir la fricción entre los cuerpos de contacto, manteniendo temperaturas	Temperaturas excesivas	Altas temperaturas. Desgaste excesivo	10	7	5	350	Revisar el nivel de aceite.	280	
Transmisión	Reducir la fricción entre los cuerpos de contacto, manteniendo temperaturas	Temperaturas excesivas	Altas temperaturas. Desgaste excesivo	10	7	5	350	Cambio de aceite	280	
Uñas o Azadones	Transportar el material hacia el interior del molino	No ingresa el material en su totalidad para ser	uñas rotas o desgastadas	3	3	6	54	Revisar correcto funcionamiento	5000	
Volante	Transmitir el movimiento con un nivel de vibración admitible	No trasmite movimiento libre y sin vibraciones	Falta de grasa o limpieza	3	5	6	90	Engrasar y limpiar	10000	

Anexo 11. AMFE – Trituradora.

HOJA DE TRABAJO AMFE

Sección:	Molino 3	**Realizado por:**		**Hoja n°:**	129451
Equipo:	Trituradora	**Fecha:**	miércoles, 22 de febrero de 2017		

Componente	Función	Fallo funcional	Mode de falla	Valoración F	G	D	NPR	Mantenimiento	Frecuencia (Hrs)	Recomendación
Base de la trituradora, tolva y motor.	Sostener y dar firmeza, uniendo sus partes correctamente.	No sostiene con firmeza	No se permite la correcta guia del material para alimentar la trituradora. Vibracion excesiva. Movimientos anomales en las bases. Bases	7	4	5	140	Ajustar los tornillos de la base de la trituradora, tolva y motor, cambiar de ser	280	
Correa C-194	Transmitir la fuerza del motor eléctrico, a la polea y volante.	Se deslizan o no tienen el contacto correcto con el volante	Correas flojas o dañadas. Bajo rendimiento de la trituradra	8	5	5	200	Revisar el estado, limpieza, alineación y tensado de las correas, no deden ceder 1/4 de pulgada en su punto	280	
Correa C-194	Transmitir la fuerza del motor eléctrico, a la polea y volante.	Se deslizan o no tienen el contacto correcto con el volante	Correas flojas o dañadas. Bajo rendimiento de la trituradra	5	5	4	100	Cambio de correas, no deden ceder 1/4 de pulgada en su punto	4320	
Mandibulas	Generar y soporta las fuerzas de compresión, en la cual una permanece fija y la otra posee un movimiento alternativo, fracturando la cora reduciendola a un tamaño de 2 pulgadas.	No soporta la fuerza de compresión, por lo tanto no es capaz de fracturar eficientemente las rocas, dejandolas a tamaños	Desgaste por abrasión	5	7	8	280	Inspeccionar la correcta calibración de la mandibula	1440	
Pilman	Gira sobre los rodamientos y transforma el movimiento de rotación en un movimiento de desplazamiento lineal que le transmite a las mandibulas.	No transmite el movmiento correctamente	Vibraciones excesivas, Ruido excesivo. Desgaste prematuro	7	5	6	210	Limpieza y engrase general	560	
Rodamientos Volante	Mantener el polvo y los contaminantes lejos de los rodamientos mientras mantiene la lubricación dentro de su alojamiento, garantizando.temperaturas	Ruido excesivo, desgaste rapido, temperaturas altas	Falta de grasa, o exceso de ella.	7	6	7	294	Limpiar y engrasar con valvulina WT 40 los rodamientos, retirando el polvo y el exceso de grasa.	280	
Tornillo Anclaje	Sirve de apoyo y permite el libre movimiento del eje	No sirve de apoyo	Movimientos anomalos, vibraciones excesivas, pernos mal ajustados.	8	5	8	320	Ajuste tornillos de anclaje	280	Cambiar por otro sistema, utilizando amortiguadores y

Página 1