

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

SEDE VIÑA DEL MAR JOSÉ MIGUEL CARRERA

PROPUESTA DE MEJORA A PLAN DE MANTENIMIENTO EN CHANCADOR

PRIMARIO LOS BRONCES

Trabajo de Titulación para optar al Título de
INGENIERO EN MANTENIMIENTO
INDUSTRIAL

Alumno:

Gabriel Eliseo Carvajal Sepúlveda

Profesor Guía:

Mg. Ing. Félix Pizarro Martínez

2023

RESUMEN

KEYWORD: PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO A CHANCADOR PRIMARIO LOS BRONCES.

Este trabajo de título incluye el diseño de un plan de mantenimiento según el método MCC y el diseño de tareas de mantenimiento preventivo y predictivo para optimizar la confiabilidad de la trituradora. La metodología empleada en este se basa en el análisis de los diferentes componentes que componen la metodología MCC, junto con la planificación del estudio de mantenimiento, el mantenimiento preventivo y las métricas de gestión. Cada una de estas partes, especialmente las partes más relevantes del MCC, Cálculos de Criticidad, Modos de Falla y NPR, han sido utilizadas para implementar un sistema de gestión de equipos, buscando resultados exitosos, pero representando oportunidades de mejora y dando paso a futuros procesos.

En el capítulo I; trata del proceso productivo de la empresa METSO, el planteamiento del estudio donde se desarrolla el problema, la justificación y objetivos que se ha utilizado para el desarrollo del presente informe.

El capítulo II, Se explican los conceptos que se utilizarán en la elaboración del informe, se describe el contexto problemático de la investigación de referencia al tema, los métodos a utilizar, el marco teórico, el sistema de análisis y selección de componentes críticos.

En el capítulo III, Se describe la elaboración, metodología, discusión y resultados del informe.

Se presentan las conclusiones y recomendaciones extraídas del análisis y la investigación realizada en este informe.

ÍNDICE

INTRODUCCION.....	1
OBJETIVO GENERAL.....	12
CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES DE LA EMPRESA,	
PROBLEMATICA Y OBJETIVOS PLANTEADOS.....	13
1.1. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA METSO	14
1.2. UBICACIÓN GEOGRAFICA	15
1.3. MISION Y VISION DE LA EMPRESA	16
1.3.1. MISIÓN	16
1.3.2. VISIÓN	17
1.3.3. DIAGRAMA PRODUCTIVO DE LA PLANTA LOS BRONCES	17
1.3.4. DIAGRAMA DE OBTENCIÓN DEL MINERAL	20
1.4. DESCRIPCION DE LA PROBLEMATICA.....	21
1.4.1. IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACION DEL MANTENIMIENTO	
DEL CHANCADOR PRIMARIO	22
1.5. ¿QUÉ ES EL ÁREA DE CHANCADO?.....	22
1.5.1. ¿QUÉ SE HACE EN EL ÁREA DE CHANCADO?	24
1.5.2. ¿DE QUÉ CONSTA EL ÁREA DE CHANCADO?.....	24
1.6. DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO DEL CHANCADOR PRIMARIO	25
CAPITULO 2: MARCO TEORICO Y METODOLOGIA.....	26
2.1. DESCRIPCION DEL EQUIPO	27
2.1.1. INFORMACIÓN TÉCNICA	28
2.2. INDICADORES DE MANTENIMIENTO	32

2.3.	ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS.....	35
2.3.1.	ENFOQUE, DISEÑO, NIVEL Y TIPO.....	36
2.3.2.	SUJETOS DE LA INVESTIGACIÓN	37
2.3.3.	MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS.....	37
2.3.4.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS.....	38
2.3.5.	ANÁLISIS DE CRITICIDAD	40
2.4.	CONDICIONES DE OPERACIÓN.....	42
2.5.	ANÁLISIS POR ÁRBOL DE FALLAS (AAF).....	44
2.5.1.	CONSTRUCCIÓN DEL ÁRBOL DE FALLA.	45
2.6.	ANÁLISIS DE IMPORTANCIA EN BASE A HISTORIALES.	50
2.6.1.	HISTORIALES DE FALLAS.....	51
2.6.2.	CAMBIO DE POSTE.	51
2.6.3.	LIMITADOR DE TORQUE.....	53
2.6.4.	SISTEMA DE LUBRICACIÓN.....	54
2.6.5.	CÓNCAVAS.....	55
2.6.6.	MANTOS.....	56
2.6.7.	ESTANQUE ACEITE.	57
2.6.8.	ARAÑA.	57
2.6.9.	FILTRO LUBRICACIÓN.	59
2.6.10.	FILTRO VÁLVULA DE CIERRE.....	59
2.6.11.	BONET.	60
2.6.12.	ANÁLISIS COSTO DE FALLAS.	61
2.6.13.	RESUMEN DE ANÁLISIS COSTO DE FALLAS CRÍTICAS.	62
2.6.14.	IMPORTANCIA DE LOS MODOS DE FALLAS.	64

2.6.15.	ANÁLISIS DE PARETO A MODO DE FALLAS.	65
CAPITULO 3: ANALISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS.....		67
3.1.	IMPLEMENTACION MODELO WEIBULL PARA FALLAS.....	68
3.1.1.	OBTENCIÓN DE LOS PARAMETROS DE WEIBULL.....	70
3.1.2.	6.3. CURVA DE CONFIABILIDAD EN EL TIEMPO.	74
3.1.3.	DETERMINAR TIEMPO MEDIO SIN AVERIAS.....	76
3.1.4.	TASA DE FALLAS.	77
3.2.	OPTIMIZACIÓN DE MANTENCIÓN	79
3.2.1.	TIEMPO ÓPTIMO ENTRE MANTENCIONES:	79
3.2.2.	CÁLCULO DE LOS COSTOS ASOCIADOS A LA MANTENCIÓN.....	81
3.2.3.	CÁLCULO DE LOS COSTOS CORRECTIVOS:.....	82
3.2.4.	CÁLCULO DE LOS COSTOS PREDICTIVOS:.....	83
3.2.5.	CÁLCULO DE LOS COSTOS PREVENTIVOS:	84
3.3.	DESARROLLO DE PLANILLAS Y CHECKLIST DE MANTENCIÓN..	85
3.3.1.	DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO:	85
3.3.2.	HOJA DE INSPECCIÓN POR MEDIO DE CHECKLIST.....	90
3.4.	CONCLUSIONES:.....	92
3.4.1.	RECOMENDACIONES	94
BIBLIOGRAFIA		94
ANEXOS		96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Logo METSO OUTOTEC	15
Figura 2.Ubicación METSO OUTOTEC Santiago	16
Figura 3. Diagrama de procesos chancador primario	18
Figura 4. División del mineral.....	18
Figura 5. Proceso productivo de molienda similar a la planta los bronces	19
Figura 6.Diagrama de obtención del mineral	20
Figura 7.Chancador Primario Los Bronces	23
Figura 8.Diagrama de funcionamiento del chancador primario	25
Figura 9.Chancador Primario	27
Figura 10.Poste o eje principal del chancador	28
Figura 11. Araña del chancador primario	29
Figura 12. Excéntrica de un chancador	30
Figura 13.Movimiento operacional chancador primario	31
Figura 14.Árbol de fallas del sistema	46
Figura 15.Árbol de fallas del sistema	47
Figura 16. Arbol de las fallas del sistema.....	48
Figura 17.Formula Weibull	63
Figura 18.MTTF.	76
Figura 19.Tasa de fallas.....	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.Valores de criticidad.....	39
Tabla 2. Sistemas Críticos	41
Tabla 3.Mantenición Preventiva.....	42
Tabla 4.Mantenición Correctiva	43
Tabla 5.Simbología Árbol de fallas.....	44
Tabla 6.Historial cambio de poste	52
Tabla 7.Historial cambio limitador de torque.....	53
Tabla 8.Historial sistema de lubricación.	54
Tabla 9.Historial cóncavas.	55
Tabla 10.Historial cambio mantos.....	56
Tabla 11.Historial estanque de aceite	57
Tabla 12.Historial Araña.	58
Tabla 13.Historial filtro de lubricación.	59
Tabla 14.Historial filtro válvula de cierre	59
Tabla 15.Historial Bonet.	60
Tabla 16.Resumen de Análisis Costo de Fallas Críticas.	63
Tabla 17.Análisis probabilidad modo de fallas en el equipo.....	64
Tabla 18.Tabla análisis Pareto a modo de fallas.	66
Tabla 19.Calculo del Modelo Weibull.	68
Tabla 20.Calculo parámetros Weibull.	71
Tabla 21.Tiempo entre fallas.....	74
Tabla 22.Plantilla Procedimientos de trabajo	90
Tabla 23.Checklist eje principal	91

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Grafico 1. Cronograma de fallas	69
Grafico 2. Probabilidad de Weibull.....	73
Grafico 3. Confiabilidad vs tiempo	75
Grafico 4. Ritmo de fallas v/s Tiempo	78

INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo de título se ha mejorado la gestión de mantenimiento de la planta de chancado de los bronce de ANGLOAMERICAN para mejorar los servicios de mantenimiento.

Como toda industria, la minería, requiere de planes de mantenimiento para sus equipos, los cuales deben cumplir con las metas de producción propuestas. Implementar un plan de mantenimiento que asegure la eficiencia de estas, requiere de un gran conocimiento de los equipos, de los procedimientos de reparación, de sus contextos operacionales, etc.

Existe una gran cantidad de factores que pueden influir entre aplicar un tipo de mantenimiento u otro, y para ello se debe realizar un análisis y entender cuáles son los objetivos que se quieren alcanzar.

Para la realización de este trabajo de título, se tomó como modelo al chancador primario ubicado en las

dependencias de ANGLOAMERICAN en los bronce, debido a que estos equipos son unos de los más complejos y críticos dentro de la planta y a la vez, son por los cuales se procesa una mayor cantidad de mineral, llegando a un 80% aproximado del total procesado por la unidad.

Debido a la frecuencia de fallas del chancador primario (prácticamente 1 - 2 veces por semana), esta investigación tiene como principal orientación a diseñar un programa de mantenimiento para aumentar la disponibilidad de un chancador primario en la planta Los Bronces, donde la información recolectada indicaba que existían un aumento en las frecuencias

de fallas en el proceso de chancado. A través del Análisis de Modos y Efectos de Falla (FMEA), se identificaron los modos de falla y las fallas, se realizó un análisis de criticidad para todos los componentes de la trituradora primaria, en este caso utilizando el estándar ANGLOAMERICAN desarrollado por el cliente, con esto, la identificación de las fallas de mayor prioridad de riesgo (NPR), se desarrolló un plan de mantenimiento enfocado en la confiabilidad estimando para una mejora en la disponibilidad promedio de la trituradora durante los siguientes períodos de operación.

OBJETIVO GENERAL

Realizar una mejora al plan de mantenimiento del chancador primario los bronce, mediante herramientas del mantenimiento, para mejorar la disponibilidad del equipo, apoyándose de la información recopilada en la planta de chancado.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar la importancia del chancador primario en el proceso productivo, definiendo el subsistema crítico, mediante análisis de criticidad.
- Realizar un Análisis de modos de efecto y falla, apoyado de un árbol de fallas, para determinar el componente crítico del chancador primario y definiendo su plan de mantención y costos.
- Elaborar mejoras al plan de mantenimiento, a través de pautas de mantenimiento que, con la información obtenida por los análisis, incremente la confiabilidad y disponibilidad del equipo.

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES DE LA EMPRESA,
PROBLEMÁTICA Y OBJETIVOS PLANTEADOS

1.1. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA METSO

METSO Outotec es un proveedor global de tecnología y servicios para las industrias de procesos, incluidas la minería, la construcción, el reciclaje, la pulpa y el papel, la energía y el petróleo y el gas. La empresa opera su negocio a través de los siguientes segmentos: Minería y Construcción, Automatización, Celulosa, Papel y Energía. El segmento de Minería y Construcción proporciona tecnología, procesos, maquinaria y servicios para la producción de agregados, construcción, minería y procesamiento de minerales. La división está organizada en tres líneas de negocio: Sistemas de Procesamiento de Minerales, Equipos de Trituración y Cribado, y Servicios. El segmento de Automatización proporciona soluciones de control de flujo para la industria de procesos, sistemas de automatización y gestión de información, y aplicaciones y servicios. La automatización incluye tres líneas de negocio: control de flujo, sistemas y servicios de automatización de procesos. El segmento de pulpa, papel y energía proporciona procesos, maquinaria, equipos, servicios, ropa para máquinas de papel y telas de filtro para las industrias de pulpa, papel y energía. La división está organizada en cuatro líneas de negocio: Papel, Fibras, Energía y Servicios. METSO se fundó en 1999 y tiene su sede en Helsinki, Finlandia.

METSO se formó en 1999 a partir de la fusión de Valmet y Rauma. En ese momento, Valmet suministró máquinas de papel y cartón, mientras que el negocio de Rauma se centró en la tecnología de fibra, trituración de rocas y control de flujo de solución. La fusión crea un proveedor de equipos que reúne a la industria de procesos global. Poco después de la fusión, METSO comenzó a desarrollar sus servicios de minería y en poco tiempo, La empresa se convierte en uno de los principales proveedores de la industria de procesos del mundo. En 2013

se decidió dividir la empresa en dos sociedades cotizadas independientes: METSO y Valmet.

Valmet continúa su trayectoria al servicio de las industrias que utilizan materias primas de base biológica, mientras que METSO centra su crecimiento en soluciones y servicios inteligentes para la minería, la construcción, el petróleo y el gas.

Además, continúa brindando soluciones de automatización de procesos, control de flujo y servicios a plantas de celulosa, papel y energía. Estas acciones son las acciones que ha realizado hasta ahora.



Figura 1. Logo METSO OUTOTEC

Fuente: www.metso.com

1.2. UBICACIÓN GEOGRAFICA

Ubicación geográfica de METSO OUTOTEC, planta los bronces:

- Casa matriz, Compañía de Jesús 1737, Of 48 B, Santiago, Región Metropolitana
- Metso Outotec es el encargado de los chancadores en la planta los bronces.



Figura 2. Ubicación METSO OUTOTEC planta los bronce

Fuente: www.metso.com

1.3. MISIÓN Y VISION DE LA EMPRESA

1.3.1. Misión

El propósito de Metso es contribuir a un mundo más sustentable ayudando a sus clientes a procesar los recursos naturales y reciclar materiales para transformarlos en productos valiosos.

1.3.2. Visión

Trabajar unidos para ser el número uno, significa trabajar en estrecha colaboración con sus clientes y otras partes interesadas externas claves, así como dentro de la compañía. Para ello, se debe crear un valor agregado para todas las partes interesadas en lo que hacen.

1.3.3. Diagrama productivo de la planta los bronces

Este proceso productivo este asociado a las dependencias de la minera los bronces, donde METSO OUTOTEC, presta sus servicios en el área de chancado y molienda.

Los Bronces se encuentra ubicada en la Región Metropolitana, a 65 kilómetros de Santiago y a 3.500 metros sobre el nivel del mar. Los Bronces es una mina de cobre y molibdeno que se explota a rajo abierto. El mineral que se extrae es molido y transportado por un mineroducto de 56 kilómetros a la planta de flotación las tórtolas, en la que se produce cobre y molibdeno en contenido concentrados, además de producir cobre en cátodos.

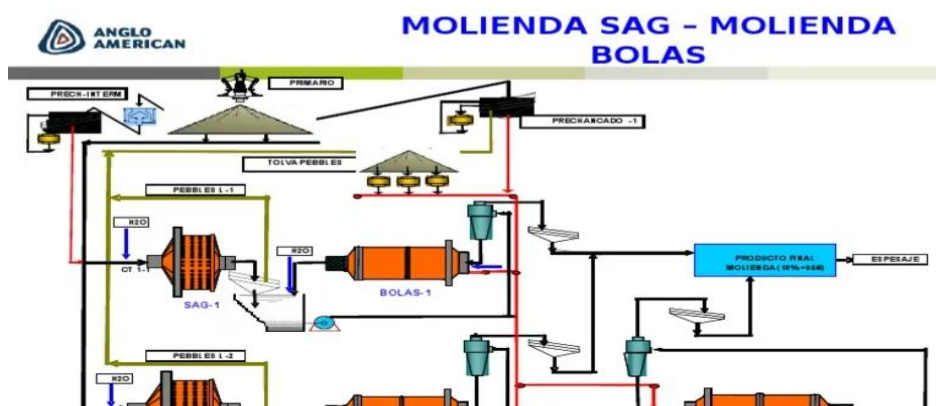
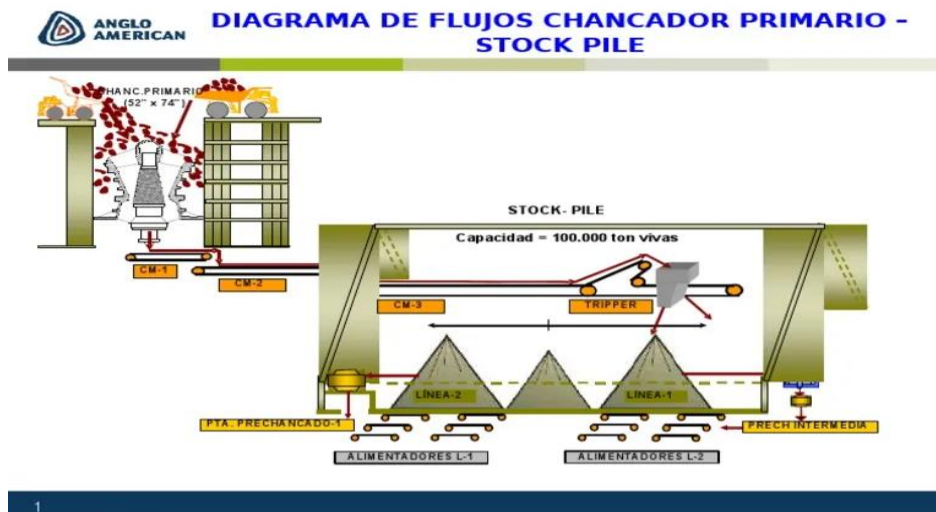


Figura 3. Diagrama de procesos chancador primario

Fuente: <http://idmining.cl/tag/angloamerican/>



Figura 4. División del mineral

Fuente: <http://idmining.cl/tag/angloamerican/>

El diagrama de procesos METSO OUTOTEC, esta netamente enfocada en dos áreas: el área de chancado y molienda, prioritariamente el área de chancado, pero ambas son planta de procesos (los bronce y confluencia), donde una vez que el mineral es extraído, pasa por los chancadores primarios con el fin de reducir su tamaño para dar el siguiente paso de acopio en el stock pile y ser transportado hacia la otra planta de procesos (las tórtolas) para realizar la separación de minerales.

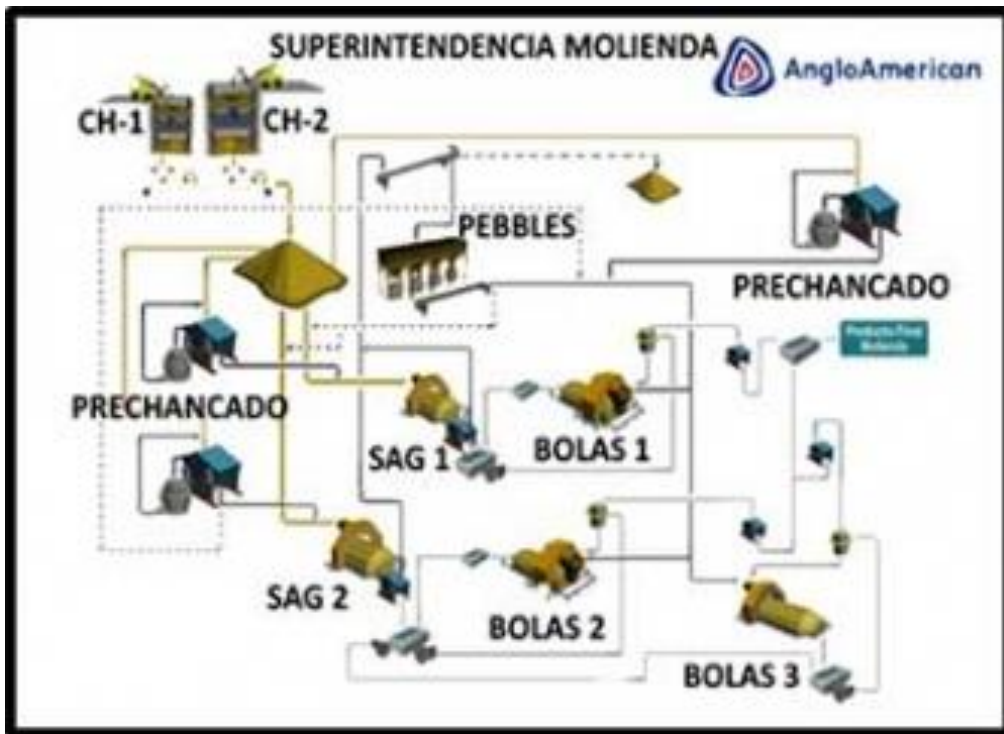


Figura 5. Proceso productivo de molienda similar a la planta los bronce

Fuente: <http://idmining.cl/tag/angloamerican/>

1.3.4. Diagrama de obtención del mineral

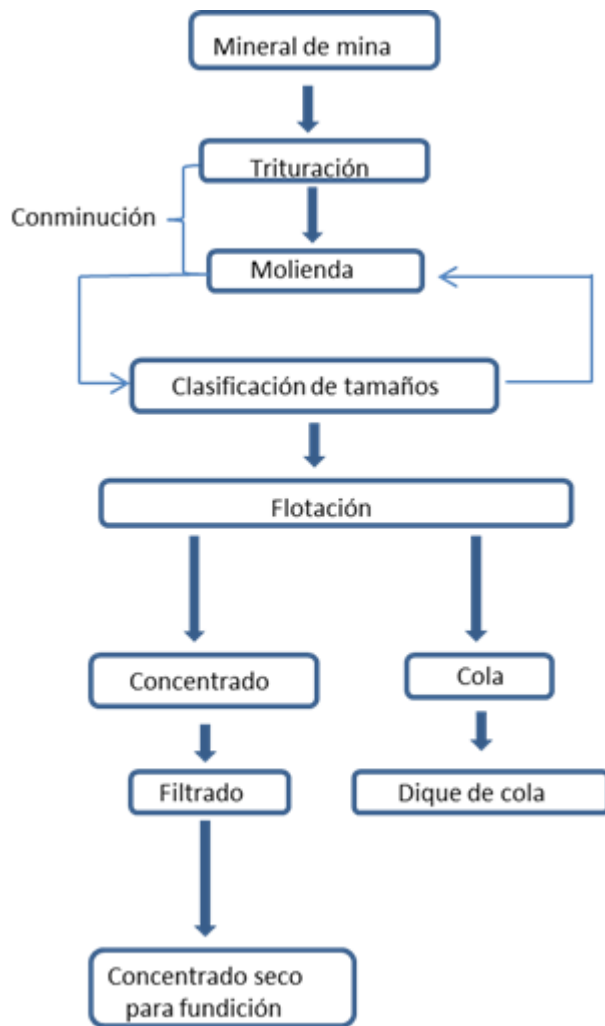


Figura 6. Diagrama de obtención del mineral

Fuente: <https://chile.angloamerican.com/acerca-de-nosotros/nuestras-operaciones-en-chile/los-bronces.aspx>

Diagrama de procesos de obtención del mineral, luego que los camiones depositan la roca, los chancadores primarios y molienda disminuyen su tamaño y entran a la etapa de clasificación y luego al proceso de flotación, este proceso es fundamental ya que se realiza la separación de los minerales para posteriormente realizar un concentrado, filtrado del mineral y fundición del mismo, por otro lado, también se realiza un filtro donde se elimina el material sin minerales.

1.4. DESCRIPCION DE LA PROBLEMÁTICA

En este estudio, el enfoque está en diseñar un programa de mantenimiento para garantizar y asegurar la disponibilidad de los equipos, con énfasis en las trituradoras. La etapa que nos interesa es el proceso de trituración primaria, el cual es el primer proceso para reducir el tamaño del material extraído. La maquinaria responsable de la primera etapa de chancado es el chancador primario, el cual suministra aproximadamente el 80% del mineral de la planta para el proceso de chancado posterior, es la trituradora más importante porque abastece a otros equipos.

Actualmente en la industria minera, el mayor porcentaje de trabajo es el mantenimiento correctivo, es decir, la acción que se realiza en caso de avería, lo que se refleja en el aumento de la probabilidad de falla de la trituradora, por este motivo se requiere diseñar un plan de mantenimiento que logre prevenir estas situaciones que impactan directamente a la operación y producción.

Entonces según lo analizado:

¿Cómo definir un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad que logre aumentar la disponibilidad del chancador primario?

1.4.1. IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN DEL MANTENIMIENTO DEL CHANCADOR PRIMARIO

Las actividades de producción deben garantizar el funcionamiento normal y continuo de los equipos e instalaciones para evitar perturbaciones o paradas inesperadas en el proceso de producción. El propósito de esta investigación es diseñar un programa de mantenimiento que maximice la confiabilidad y disponibilidad de las máquinas para que estén en buenas condiciones de trabajo la mayor parte del tiempo y así cumplir de manera más efectiva con su diseño. A través de este se pretende ejecutar un programa de mantenimiento de los equipos de proceso, con foco en el chancador primario de estudio, ya que en el documento se estimó que la disponibilidad de estos equipos es del 80% de la disponibilidad requerida.

La importancia del presente trabajo de investigación es considerar el proceso de mantenimiento como crítico ya que afecta directamente la disponibilidad, demostrando el mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC) puede reducir la cantidad de fallas no previstas y aumentar la disponibilidad operativa de los equipos.

1.5. ¿QUÉ ES EL ÁREA DE CHANCADO?

La trituración primaria es la primera etapa de reducción de tamaño de una concentradora, pero en realidad es la segunda etapa de trituración, ya que viene después de la extracción del mineral. La conminución es un término general utilizado para denotar una reducción en el tamaño de un

material y se puede aplicar independientemente del mecanismo de fractura involucrado. El propósito de la trituración primaria es reducir el tamaño del mineral directamente de la mina a un tamaño inferior a 7" para que pueda transportarse fácilmente a través de las correas transportadoras y por la overland. La extensión y la distribución del tamaño (graduación) de las partículas minerales se desarrollarán principalmente de la dureza y la composición mineral del mineral, así como del proceso de voladura



Figura 7.Chancador Primario Los Bronces

Fuente: Elaboración propia, fotografía del chancador primario N*2 de la planta los bronces

En la figura, se muestra el chancador primario que se utilizar en la planta concentradora, también se hace referencia a las principales partes que tiene el chancador(poste), en donde se realizará la fragmentación del mineral.

1.5.1. ¿Qué se hace en el área de chancado?

Para que la trituradora funcione de manera continua y sin problemas, debe haber un suministro continuo de mineral en el pozo de descarga, el pozo de descarga está diseñado para recibir 02 camiones de 250 toneladas al mismo tiempo, para realizar Los fragmentos tienen un tonelaje máximo de 70.000 tmd. Todo el mineral de la mina tiene un tamaño de partícula máximo de aproximadamente 1200 mm (47,2 pulgadas) y la trituradora lo tritura a aproximadamente 178 mm (7,0 pulgadas) con una relación de reducción de 8, lo que comienza a liberar partículas minerales valiosas, ligeramente se reciclan posteriormente. La relación entre el tamaño de alimentación de la trituradora y el tamaño de salida se denomina relación de trituración.

1.5.2. ¿De qué consta el área de chancado?

En el circuito de chancado primario encontraremos la planta de chancado primario, el cual es el primer proceso luego de la obtención del material de la mina, el primer transportador de mineral en bruto y la pila de mineral en bruto y sus respectivos componentes.

1.6. DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO DEL CHANCADOR PRIMARIO:

En el diagrama de bloques de la trituradora se puede ver la división de los sistemas principales que tiene el equipo, sus funciones y su interacción con el sistema. El propósito del diagrama es que cualquier flecha rota indica una falla del dispositivo.

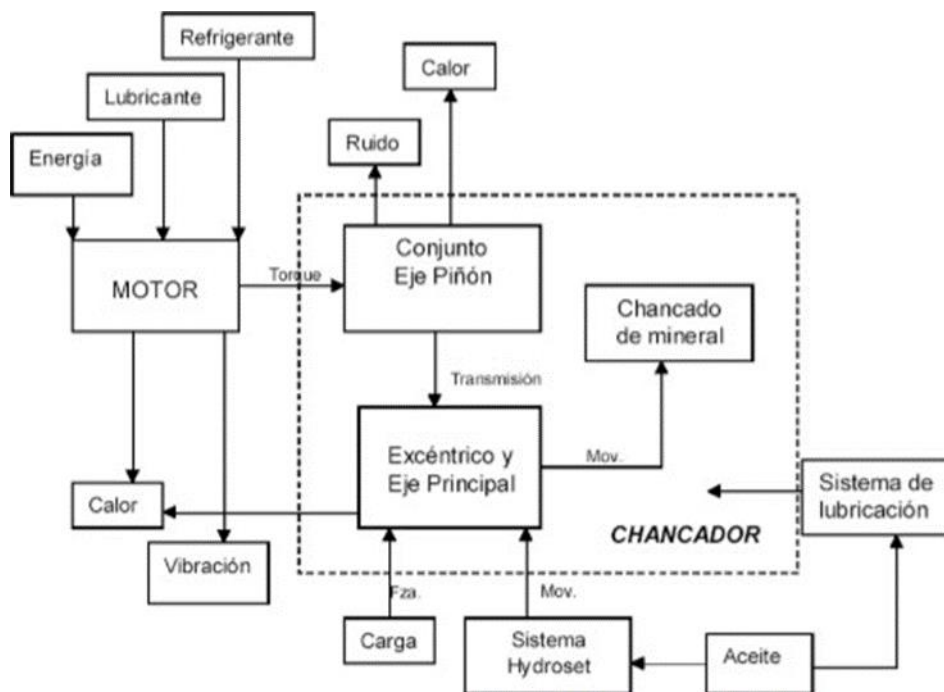


Figura 8. Diagrama de funcionamiento del chancador primario

Fuente: diagrama tomado de la planta los bronce, dependencias de Metso.

2. CAPITULO 2: MARCO TEORICO Y METODOLOGIA

2.1. DESCRIPCION DEL EQUIPO

El chancador primario en la planta de trituración es un dispositivo hidro electromecánico estacionario que reduce el volumen de roca de la mina a un tamaño máximo de partículas de 1200 mm. La designación de 60 pulgadas o 1525 mm se refiere a la abertura de alimentación y la designación de 89 o 2260 mm se refiere al diámetro más grande en la parte inferior de la carcasa. La unidad tiene una estación de lubricación, grasa y sello de polvo. Los componentes principales del equipo: a. Cuerpo principal Consta de tres estructuras de acero fundido que incluyen: la estructura inferior, el mecanismo de accionamiento y la excéntrica, mientras que las estructuras media y superior forman una cámara fija revestida con piezas de acero resistente al desgaste, llamadas concavidades.

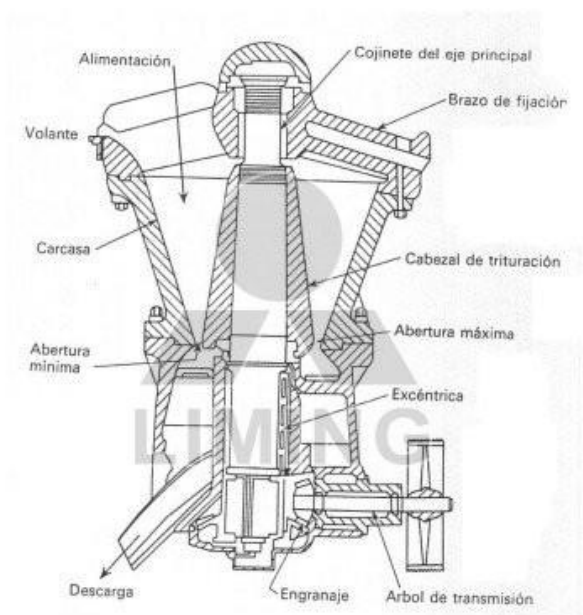


Figura 9.Chancador Primario

Fuente: <https://idoc.pub/documents/130-metso-chancador-de-conopdf-14303vvp894j>

2.1.1. Información técnica

- Eje principal (poste):

Se aloja en la parte inferior con la excéntrica y en la parte superior con el spider. El eje principal está equipado con un núcleo y un manto, que conforman la parte móvil fundamental para realizar la trituración del mineral con un movimiento oscilatorio realizado por la excéntrica.

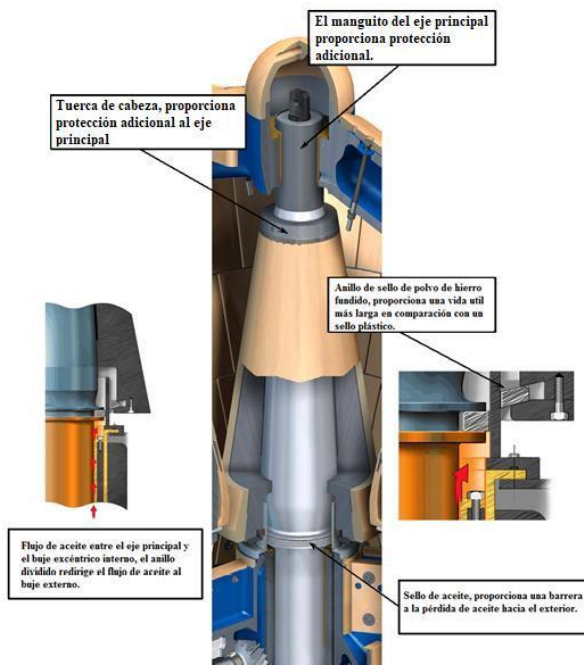
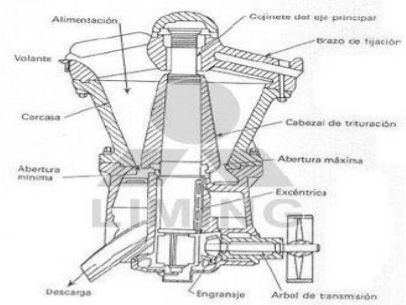


Figura 10. Poste o eje principal del chancador

Fuente: <https://idoc.pub/documents/130-metso-chancador-de-conopdf-14303vvp894j>

- Spider:

Es una estructura de acero fundido compuesta de dos brazos que sostienen a un cono en la parte central superior, este cono sostiene al eje principal por medio de un casquillo o buje que cumple la función de soportar las fuerzas axiales y radiales generadas en el eje principal en la trituración. Los brazos llevan tuberías de lubricación por grasa para el buen funcionamiento del casquillo o buje.



Chancador Giratorio

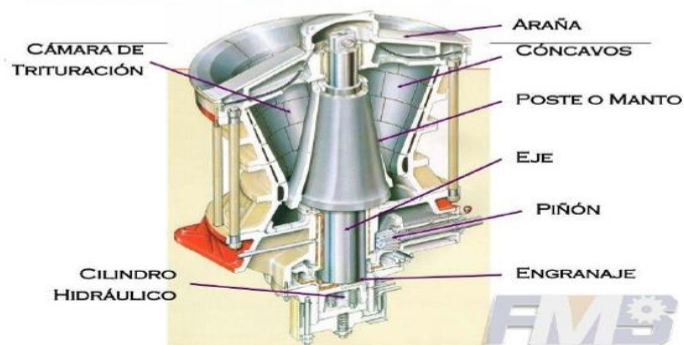


Figura 11. Araña del chancador primario

Fuente: <https://idoc.pub/documents/130-metso-chancador-de-conopdf-14303vvp894j>

- La excéntrica

Está compuesta por anillos, un buje interior, un buje exterior y un engranaje, la característica de estos bujes y anillos es su agujero que esta descentrado o excéntrico. La excéntrica es la parte que realiza el movimiento oscilante del eje principal para triturar el mineral.

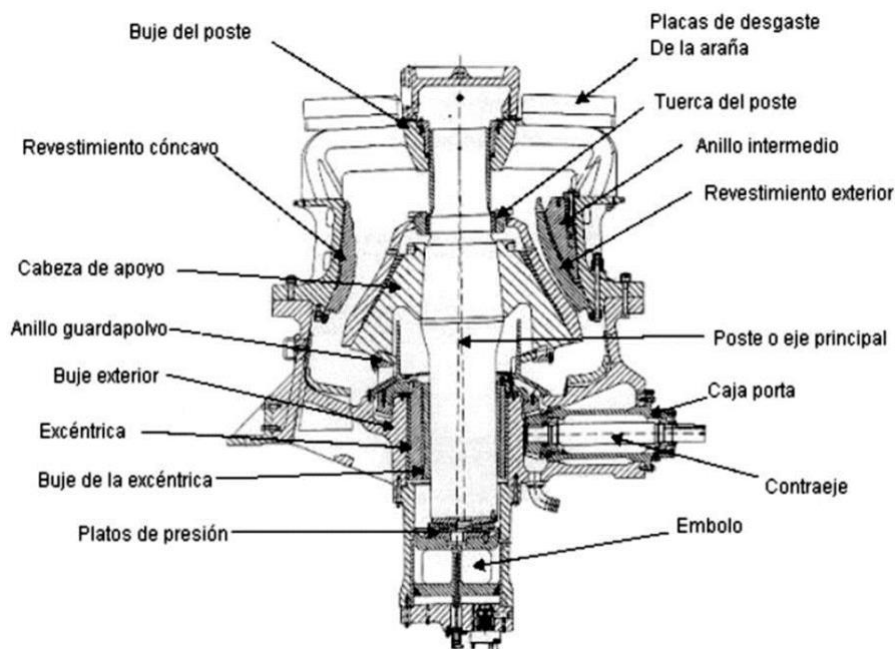


Figura 12. Excéntrica de un chancador

Fuente: <https://idoc.pub/documents/130-metso-chancador-de-conopdf-14303vvp894j>

El principio de funcionamiento de la chancadora primaria está basado en la fuerza de compresión que genera el movimiento oscilatorio de la excéntrica sobre el eje principal y el manto. El motor eléctrico de 750 kW entrega un torque de 14,107 N.m al eje y piñón del contra

eje, este piñón gira a una velocidad 505 RPM y transmite el torque al engranaje de la excéntrica haciéndolo girar a 124.3 RPM. La excéntrica gira de manera descentrada haciendo que el manto del eje principal se aleje y al mismo tiempo se acerque a los cóncavos haciendo que el mineral que ingresa sea triturado. En la parte superior del eje se encuentra el spider donde el eje mantiene el centro de oscilación del eje principal

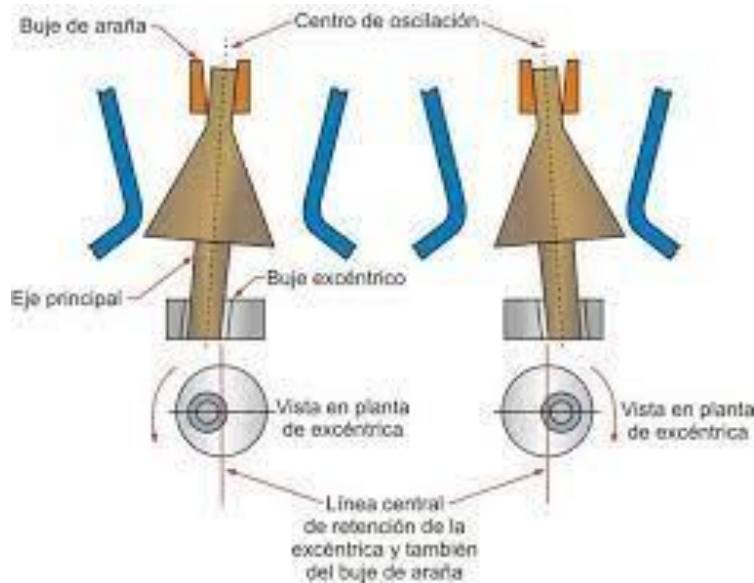


Figura 13. Movimiento operacional chancador primario

Fuente: <https://idoc.pub/documents/130-metso-chancador-de-conopdf-14303vvp894j>

2.2. INDICADORES DE MANTENIMIENTO

Los indicadores generales del mantenimiento son Disponibilidad, Confiabilidad y Mantenibilidad, que son los principios rectores de los equipos, evaluando si el equipo está en buenas condiciones de funcionamiento, con el objetivo de mejorar la disponibilidad y confiabilidad, pero reduciendo o manteniendo la mantenibilidad. Existen varios métodos de evaluación de indicadores de mantenimiento, pero en el caso del número de pérdidas por falla y el tiempo entre fallas, el método más preciso es el método del índice. Evaluación de Tiempos de Ejecución de Mantenimiento Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF): Es el tiempo útil promedio que un equipo está funcionando.

$$MTBF = (\sum TBF \text{ } n \text{ } i=1 \text{ } F)$$

Dónde: MTBF: Tiempo promedio entre fallas (horas útiles promedio/falla).

TBF: Tiempo entre fallas (horas útiles/año).

F: número de averías o fallas (veces/año), se contabilizan también las fallas repetitivas.

- Tiempo medio para reparar (MTTR): Es el tiempo promedio para reparar un equipo, tiempo que origina la paralización del equipo.

$$MTTR = (\sum TTR \text{ } n \text{ } i=1 \text{ } F)$$

Dónde: MTTR: Tiempo promedio para reparar (horas de reparación/falla).

TTR: Tiempo para reparar (horas de reparación/año).

F: número de averías o fallas (veces/año).

- Disponibilidad: Es el porcentaje de tiempo para que un equipo pueda trabajar sin presentar una avería o falla, se determina:

$$A(t) = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}} * 100\%$$

Dónde: A(t): Disponibilidad operacional (%).

MTBF: Tiempo promedio entre fallas (horas útiles promedio/falla).

MTTR: Tiempo promedio para reparar (horas de reparación/falla).

- Análisis de Criticidad:

Análisis que determina los niveles de criticidad de las fallas de un equipo, permitiendo clasificarlo en críticos, semi críticos y no críticos.

Para determinar la criticidad de un equipo se utiliza una matriz de frecuencia de fallas por consecuencia.

La criticidad se determina:

$$\text{Criticidad} = (\text{FF} * \text{CO})$$

Donde:

FF: Frecuencia de falla

CO: Consecuencia, determinada por la siguiente fórmula:

$$CO = PIO + PCR + PIS + PMA$$

Dónde: PIO: Ponderación Impacto operacional.

PCR: Ponderación Costo de reparación.

PIS: Ponderación Impacto de seguridad.

PMA: Ponderación Impacto medio ambiente.

2.3. ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS

Es una herramienta de mantenimiento enfocada en confiabilidad que nos permite afirmar que se entienden los modos de falla y sus efectos posibles, identificar problemas mayores en el diseño y generar alternativas en el diseño, es decir, nos permite identificar los tipos de falla a través de sus patrones y efectos de falla a través de tablas de información y sus soluciones a través de tablas de decisión y árboles de decisión en tareas de prevención y predicción. Para la elaboración del FMEA es necesario revisar y monitorear los siguientes elementos y/o fases: identificación de funciones del subsistema de equipos críticos (primarios y/o menores), determinación de fallas, determinación de causas, análisis de fallas, evaluación de severidad de fallas, detección de fallas, revisión de métodos, análisis de impacto, determinar el número de prioridad de riesgo y la toma de acciones para reducir el riesgo.

- Número de prioridad de riesgo

Es una herramienta fundamental para el mantenimiento centrado en la confiabilidad y permite evaluar o estimar en qué porcentaje se reduce el TTR (tiempo de reparación) de un equipo. Para ello, es necesario evaluar el modo de falla de cada falla crítica para determinar qué porcentaje de las fallas son indeseables, reducibles y aceptables, mediante la evaluación de la prioridad del riesgo se ponderan los indicadores numéricos (por ejemplo, severidad, tasa de ocurrencias y tasa de detección). Convincentemente

$$NPR = G * O * D$$

Dónde: Gravedad (G): Es la probabilidad de fallos, está basada únicamente en el modo de fallo. Ocurrencia (O): Es la frecuencia de intervenciones del modo de fallo de una determinada falla crítica. Detección (D): Es la posibilidad de que el modo de fallo pueda ser detectado a tiempo.

Las características de análisis del NPR (Número de Prioridad de Riesgo):

NPR>200 Fallas intolerables

(I) $125 < \text{NPR} < 200$ Fallas reducibles deseables (R).

NPR<125 Fallas aceptables (A).

2.3.1. ENFOQUE, DISEÑO, NIVEL Y TIPO

Dado que las variables de investigación no se modifican, sino que se muestran como observadas y analizadas, la investigación también se realiza de manera sistemática y secuencial ya que es una investigación de ingeniería con un nivel descriptivo transaccional, las variables y los datos estudiados deben presentar en un término determinado donde se miden y cuantifican métricas que permiten la toma de decisiones.

2.3.2. SUJETOS DE LA INVESTIGACIÓN

Durante la investigación, el conjunto principal de equipos en el área de chancado primario, se seleccionó un grupo clave, el chancador primario, porque fue el primero en ponerse en contacto para comenzar a obtener los minerales. Se realiza un estudio a un sistema triturador giratorio, basado en el diseño de un programa de mantenimiento a través del método MCC, análisis funcional, identificación del modo de falla MFECA, efectos de falla, nivel de criticidad o riesgo y recomendaciones.

2.3.3. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

En el trabajo actual, se enfoca en observar y documentar situaciones en las que se deben manejar trituradoras giratorias de emergencia para que se puedan identificar mejoras. Diseñar y desarrollar un plan de mantenimiento utilizando la metodología MCC AMFEC maximiza la confiabilidad y disponibilidad de la máquina Manteniéndolo en buen estado de funcionamiento la mayor parte del tiempo, resultando efectivamente su propósito de diseño. Para ello se produjo un análisis histórico de fallas, seguido del diseño de un plan de prevención en el que se siguió todas las actividades de inspección de los equipos y reemplazos de componentes recomendados por el fabricante de la maquinaria, dependiendo del desempeño de las tareas. El tiempo de funcionamiento de la máquina.

Mediante el MCC, se realizó un estudio de criticidad a los componentes críticos de la chancadora primaria, luego se procedió a determinar sus fallas funcionales utilizando la metodología de análisis de modos y efecto de falla (AMFEC), que por consiguiente determinó

cuales serían las fallas con más alto número de prioridad de riesgo (NPR) y lográndose identificar las fallas inaceptables, falla reducible aceptable y fallas aceptables Se realizó el diseño de un plan de mantenimiento del Chancador, considerando los siguientes aspectos:

- Especificaciones técnicas del equipo.
- Recurrencias de mantenimiento preventivo.
- Recomendaciones técnicas establecidas por cada fabricante.

Para analizar los datos recopilados a través de las observaciones, el formato y Los datos son procesados mediante el programa Weibull, que nos permiten obtener valores en cuanto a tiempo de reparación, tiempo entre fallos, tiempo medio entre fallos, tiempo medio de reparación, frecuencia de fallo, que, tras cálculos analíticos, nos permiten pasar disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad Dichos indicadores de mantenimiento evalúan técnicamente el estado actual de la trituradora.

2.3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

La Tecnología utilizada para recopilar datos. La investigación actual es una investigación de campo. Como técnica de recolección de datos se utiliza observaciones de eventos ocurridos en campo, registrados en tablas de observación (instrumentos), y los datos obtenidos de las fallas se analizan primero en indicadores: MTTR (Mean Time to Repair) y MTBF (Mean Time to Repair), estos dos nos muestran la usabilidad de la máquina. Para la realización de este informe se utilizó en primer lugar técnicas de documentación, ya que se elaboró el listado de equipos principales

como clave del área de chancado primario en el área de confiabilidad, y el manual de chancado primario, operación y mantenimiento proporcionado por el proveedor de estos equipos.

INDICE	VALOR DE CRITICIDAD
1	Ninguna criticidad cualitativa, el tipo de falla no influye sobre la calidad del producto.
2	Marginalmente critica, calidad aceptable al límite de lo estándar.
3	Poco critica, calidad no aceptable.
4	Critica.
5	Muy crítica, calidad no aceptable, riesgo de enviar al cliente el producto fuera de estándar. Peligro para el personal.

Tabla 1.Valores de criticidad

Fuente: elaboración propia, valores de criticidad para evaluar subsistemas críticos.

2.3.5. Análisis de criticidad

Sub-Sistema	Función de	Modo de Falla	Causas	Efectos Locales	Efectos de Nivel Superior	Efectos Finales de	Métodos de detección	Acción Correctivas	Gravedad (1 a 5)
Eje Principal	Chancado de Mineral	Eje no gira	Gripaje entre eje principal y buje excéntrico	Mala operación del eje	Ruptura del eje	Chancado o no opera	Color del eje más oscuro	Desmontar el eje principal y unidad excéntrica	5
	Chancado de mineral	Eje gira muy Rapido o con Perdida excéntrico	Gripaje en porta cojinetes de collar	Mal funcionamiento del eje	Ruptura del eje	Chancado o no opera	Color que toma el eje es más oscuro	Parar y desmontar chancador, controlar piezas de cojinetes	5
	Chancado de mineral	Lainas quebradas	Elementos en el chancador (inchancables)	Fractura de material de desgaste	Ruptura de eje	Chancado o no opera	Virutas de acero a la salida del chancador	Reemplazar las lainas	5
	Chancado de Mineral	Eje con fracturas	Fatiga de material debido a vibraciones presentes	Fractura de eje	Posibles daños con mayor consecuencia	Chancado o no opera	Instrumentos	Reemplazar ejes	5
Excéntrico	Dar giro excéntrico	Buje de bronce Quemado	Aceite sucio, filtro de aceite tapado, sello no funciona	Aumento de desgaste en las piezas del buje	Buje Quemado	Chancado o no opera	Aumento de Perdida de aceite, Baja de nivel del aceite	Cambiar filtro, controlar niveles de aceite	3

Hydro set	Fijar Altura del poste	El chancador no mantiene la ranura entre el poste y la lana	Fuga de aceite, Perdida de seguridad no estanca, aire en Perdida del hydro set,	Mala calidad del mineral	Posibles daños con mayores consecuencias	Chancador no opera	Por instrumento	Controlar tubos de aceites, nivel de aceite, limpiar o cambiar válvulas	3
Eje Piñón	Transmitir	Sonidos en chancador	Juego de engranaje malmontado, desgaste de buje	Desgaste Perdida del diente del piñón	Ruptura de piñón	Chancador no opera	Ruidos anormales en el chancador	Medir distancia entre ejes, controlar tornillos	3
Motor	Dar torque a los pernos chancador	Motor no funciona, con ruido	Suministro de energía, correas, condiciones ambientales	Motor no funciona	Posibles daños con mayores consecuencias	Chancador no opera	Verificar conexiones, estado de correas, indicadores básicos	Reparar, reemplazar o rellenar, según correspond a la causa de la falla	2
Carcasas superior e inferior	Fijación del equipo	Fracturas, pernos de fijación cortados	Impacto mineral vibraciones	Chancador con estructura abollada	Posibles daños con mayores consecuencias	Chancador no opera	Revisar estado de pernos	Reemplazar pernos en mal estado	1
Sistema de lubricación	Mantener lubricado el equipo	Desgaste en diferentes partes del equipo	Baja capacidad de aceite, Perdida en mangueras, falla en el intercambiador de calor	Desgaste en piezas	Ruptura de distintos componentes	Chancador no opera	Revisar niveles y temperatura	Cambio de aceite, reemplazar o reparar lo necesario	4

Tabla 2. Sistemas Críticos

Fuente: elaboración propia de los subsistemas del chancador primario

2.4. CONDICIONES DE OPERACIÓN

La máquina realiza operaciones de trituración primaria, donde la mayor demanda se debe a la presión que ejerce el mineral triturado. Su funcionamiento es continuo durante todo el día y la noche, deteniéndose únicamente en caso de imprevistos o mantenimiento programado. La trituradora recibe un flujo de mineral de aproximadamente 4.200 t/h. Por diferentes motivos, ya sea un objeto, un bloqueo en el alimentador o la misma concentración de polvo que produce el equipo, provocará la falla de diferentes componentes.

Operación de cambio del Elemento	Frecuencia de Cambio (hrs).
Cambio INNER	2400
Válvula Control	1200
Cambio Poste	2400
Laina Poste	1200
Cambio Aceite de Lubricación	Relleno según inspección
Filtro Piñón	1200
Bomba Aceite	1200
Buje y sello grasa	2400
Cambio Filtro de Lubricación	720

Tabla 3. Mantención Preventiva

Fuente: Elaboración propia

Operación de cambio del Elemento	Frecuencia de Cambio
Sello Hydroset	Según Desgaste
Mangueras de Lubricación	Según desgaste por inspección diaria
Intercambiador de Calor	Según Falla del elemento
Válvula de Alivio Hydroset	Según desgaste
Mangueras Lubricación Retorno	Según desgaste
Válvula Pieso Limitadoras	Según desgaste
Suples Top Shell	Según desgaste
Cuerpo Excéntrico	Según desgaste
Buje de Bronce del Excéntrico Quemado	Según desgaste
Perno Top Shell y Bottom Shell	Según desgaste

Tabla 4.Mantención Correctiva

Fuente: Ref. Datos entregados por la empresa encargada del mantenimiento.

2.5. ANÁLISIS POR ÁRBOL DE FALLAS (AAF).

El análisis de árbol de fallas es uno de los métodos más utilizados en el análisis de confiabilidad. Es un proceso deductivo utilizado para identificar varias combinaciones de fallas a nivel de componentes que pueden desencadenar eventos inesperados. El árbol de fallas se utiliza para calcular la probabilidad de ocurrencias del evento en estudio en base a la probabilidad de ocurrencias de falla del componente. Para un sistema dado, puede analizar tantos eventos no deseados como desear estudiar. La simbología es la siguiente.

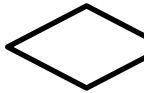
Símbolo	Nombre	Descripción
	Circulo	Evento de falla primario, independiente.
	Rectángulo	Evento de falla secundario, usualmente es resultado de otroseventos.
 IN	Triángulo-	Representa una rama del árbol desarrollado en otro Lado.
	Diamante	Evento de falla cuyas causas no han sido desarrolladas.
	OR	El evento de salida ocurre si uno o más de los eventos de entrada ocurre.
	AND	El evento de Salida ocurre si y solo si todos los eventos de entrada ocurren.

Tabla 5.Simbología Árbol de fallas

Fuente: árbol de fallas para determinar elemento o sistema critico.

2.5.1. Construcción del Árbol de Falla.

1. Defina la condición de falla y escriba la falla más alta.
2. Utilizando información técnica y juicios profesionales, determine las posibles razones por la que la falla ocurrió. Recuerde, estos son elementos de nivel segundo porque se encuentran debajo del nivel más alto en el árbol.
3. Continué detallando cada elemento con puertas adicionales a niveles más bajos. Considere la relación entre los elementos para ayudarlo a decidir si utiliza una puerta 'y' o una 'o' lógica.
4. Finalice y repase el diagrama completo. La cadena solo puede terminar en un fallo básico: humano, equipo o programa.
5. Si es posible, evalúe la probabilidad de cada ocurrencia o cada elemento de nivel bajo y calcule la probabilidad estadística desde abajo para arriba

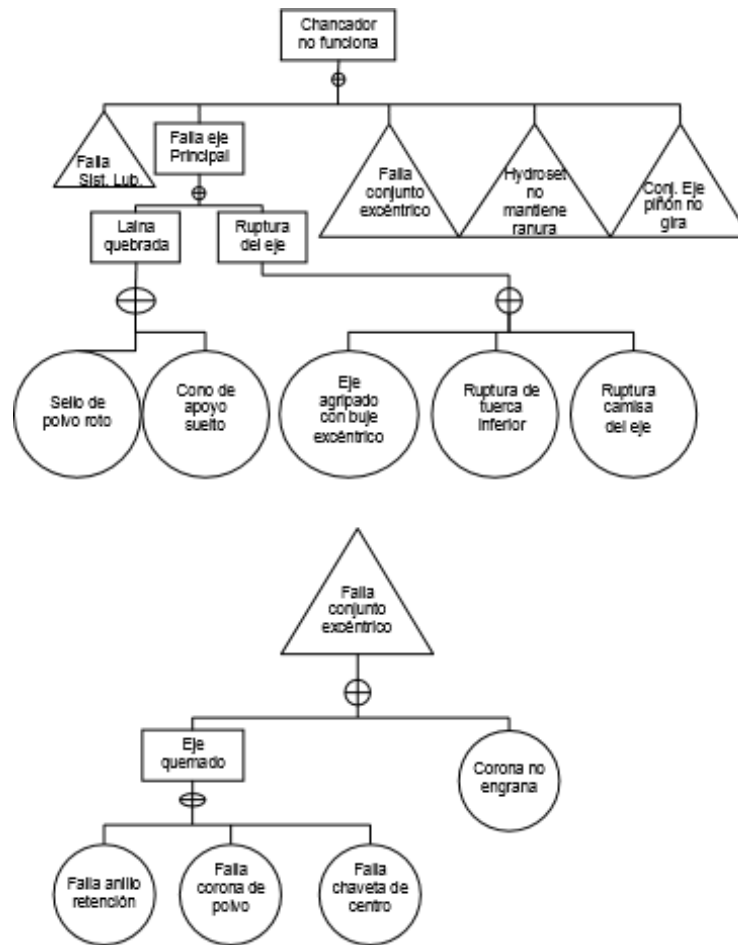


Figura 14.Árbol de fallas del sistema

Fuente: Elaboración propia.

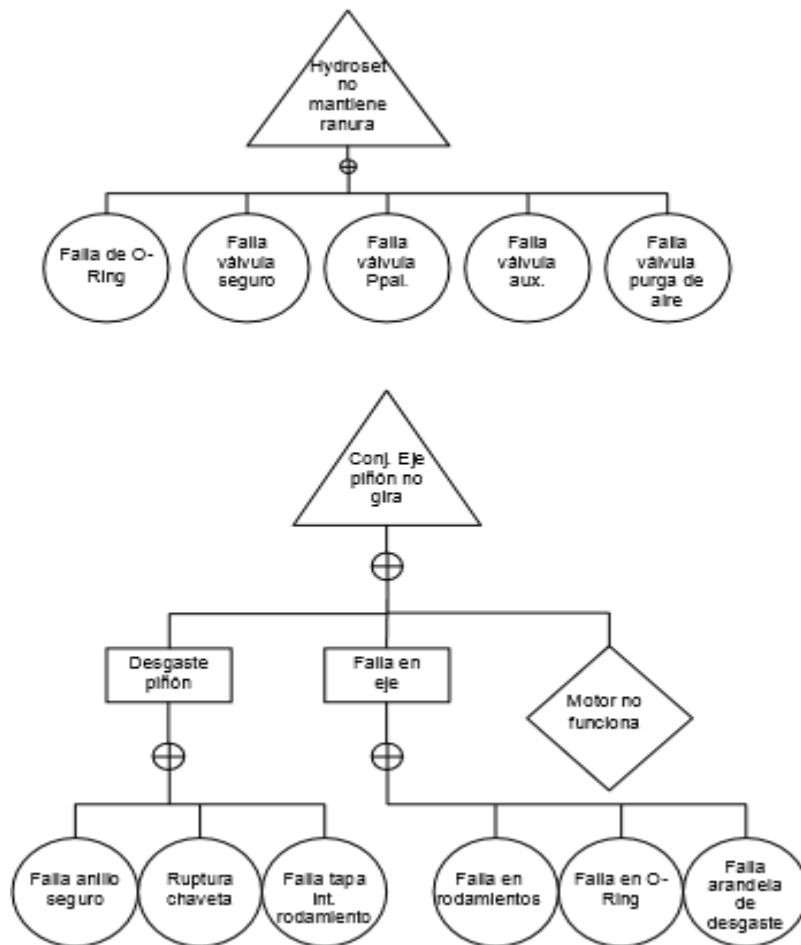


Figura 15.Árbol de fallas del sistema

Fuente: Elaboración propia.

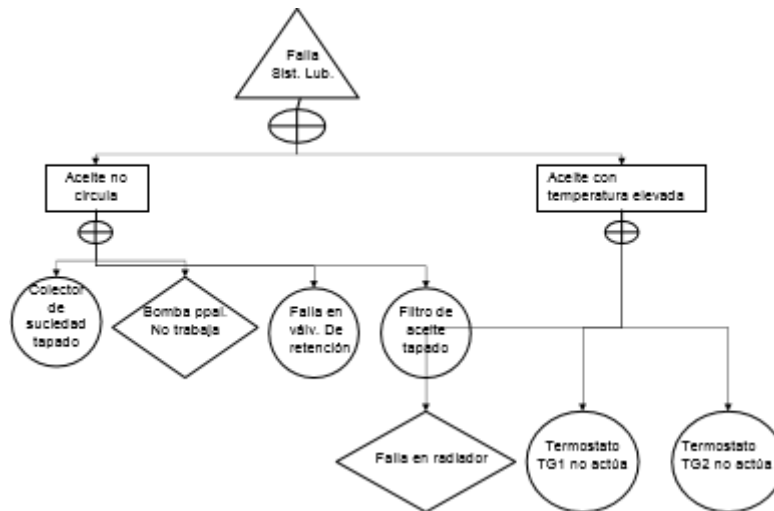


Figura 16. Arbol de las fallas del sistema

Fuente: Elaboración propia.

Cada diagrama está compuesto por los subsistemas del chancador primario, el cual posee las fallas y las causas correspondientes.

El objetivo principal del análisis del árbol de fallas es ayudar a identificar las posibles causas de las fallas del sistema antes de que estén fuera. También se puede usar para evaluar la probabilidad del evento más alto usando métodos analíticos o estadísticos. Estos cálculos involucran sistemas relativistas cuantitativos e información de mantenimiento, como probabilidad de falla. Después de completar el AAF, puede fortalecer en mejorar los sistemas de seguridad y consolidación.

Es importante destacar que este estudio (FMECA y AAF). Esto ayudará a los mantenedores a minimizar el tiempo de mantenimiento correctivo al tomar medidas en función de los modos de falla y sus causas cuando el equipo falla de forma imprevista. Finalmente, de acuerdo con la tabla FMECA, los componentes clave del sistema, a saber, la columna principal o eje responsable de romper la roca, se identificaron con base en la experiencia del personal responsable del mantenimiento en ambos lados. Pero para el desarrollo final de nuestra investigación, solo se muestra que las diferentes partes de la trituradora se pueden vincular para un diagnóstico inicial en caso de mal funcionamiento. Los componentes críticos del sistema serán verificados en el próximo capítulo, ya que actualmente no se aplica ningún factor de costo.

El propósito es analizar los componentes clave del sistema y desarrollar un plan de mantenimiento basado en eso. A través del análisis se identificará el componente crítico de la trituradora, el cual es fundamental para la ejecución del proyecto, ya que todo el plan de mantenimiento se basa en el comportamiento de este modo de falla.

2.6. ANÁLISIS DE IMPORTANCIA EN BASE A HISTORIALES.

Dado que nuestro proyecto tiene un historial anterior de menos de 12 meses, que es el período de tiempo en el que la empresa mandante solicitó a METSO OUTOTEC que se hiciera cargo del mantenimiento, registraremos este historial. Las muestras para el análisis de materialidad tienen en cuenta como factores el tiempo que implica cada falla, su costo asociado, el tiempo de inactividad o caída en los niveles de producción y el número de trabajadores involucrados.

2.6.1. HISTORIALES DE FALLAS.

La siguiente tabla enumera las diferentes fallas y su importancia en orden descendente de detener o reducir la actividad de la trituradora, la cantidad de personal que las utiliza, la duración de la falla y si la falla indica que la trituradora se detendrá o no. Asimismo, a los efectos del proyecto, únicamente asumiremos fallas que supongan la paralización del proceso de chancado del mineral, ya que el período en que la máquina está fuera de producción es el gasto más importante de la empresa.

2.6.2. Cambio de poste.

La falla en el poste o eje principal fue la que origino la mayor detención del chancador y la mayordemanda de trabajadores según el historial de fallas señalado a continuación.

FECHA	COMPONENT ES	PARTE	NUMER O DE PERSONAS	TIEMPO (HORAS)	H H	ESTADO EQUIPO
26-10- 2022	poste	Manto inferior	2	1,5	3,0	Con detención
26-10- 2022	poste	coraza	2	2	4,0	Con detención

28-10-2022	Poste	Preparativos parametalado poste.	3	2,5	7,5	Con detención
01-11-2022	Poste	Preparativos Cambio de Poste	4	7,5	30,0	Con detención
14-11-2022	cambio deposte		7	26	182,0	Con detención
27-10-2022	Poste	Inchancable	4	2,17	8,68	Con detención
28-02-2022	POSTE-ARAÑA	Sellos y empaquetaduras	6	12,2	73,2	Con detención

Tabla 6. Historial cambio de poste

Fuente: datos de la empresa

2.6.3. Limitador de torque.

FECHA	COMPONENTES	PARTE	NUMERO DE PERSONAS	DURACION(HORAS)	H	ESTADO EQUIPO
04-10-2022	Limitador de torque	sistema de sujeción	2	7	14,0	Con Detención
13-10-2022	Limitador de torque	Limitador de torque	2,00	0,66	1,3	Con Detención

Tabla 7. Historial cambio limitador de torque

Fuente: Elaboración Propia

2.6.4. Sistema de Lubricación.

FECHA	COMPONENTES	PARTE	NUMERO DE PERSONAL	DURACION(HORAS)	HH	ESTADO EQUIPO
24-10-2022	SISTEMA DE LUBRICACION	FILTRO DE ACEITE	2	0,83	1,7	Con Detención

Tabla 8. Historial sistema de lubricación.

Fuente: Datos entregados por la empresa encargada de la mantención.

2.6.5. Cóncavas.

FECHA	COMPONENTE	PART E	NUMERO DE PERSONAL	DURACION(HORAS)	HH	ESTADO EQUIPO
23-10-2022	CONCAVAS	OREJAS	3	8	24,0	Con detención
24-10-2022	CONCAVAS	OREJAS	3	8	24,0	Con detención
03-01-2022	CONCAVAS	OREJAS	3	1,75	5,25	Con detención

Tabla 9. Historial cóncavas.

Fuente: Datos entregados por mantención.

2.6.6. Mantos.

FECHA	COMPONENTE	PARTE	NUMERO DE PERSONAL	DURACION(HORAS)	HH	ESTADO EQUIPO
28-10-2022	Mantos	Mantos	2	6	12	Con detención

Tabla 10. Historial cambio mantos.

Fuente: Datos entregados por la empresa encargada de la mantención.

2.6.7. Estanque Aceite.

FECHA	COMPONENTE	PARTE	NUMERO DE PERSONAL	DURACION(HORAS)	HH	ESTADO EQUIPO
31-10-2022	Estanque de Aceite	Piso N° 2	5	2	10,0	Con detención

Tabla 11. Historial estanque de aceite

Fuente: Datos entregados por la empresa encargada de la mantención.

2.6.8. Araña.

FECHA	COMPONENTE	PARTE	NUMERO DE PERSONAL	DURACION(HORAS)	HH	ESTADO EQUIPO
16-10-	ARAÑA	PERNOS	3	0,5	1,5	Con

2022						detenci ón
16-11- 2022	CONJUNTO DE ARAÑA	GOLILL ASPERNOS YTUERCAS	3	0,5	1,5	Con detención
10-01- 2022	ARAÑA	PERNOS	3	1,5	4,5	Con detención
28-02- 2022	ARAÑA	PERNOS ARAÑA	3	0,75	2,25	Con detención
02-03- 2022	ARAÑA	PERNOS	3	1	3	Con detención

Tabla 12. Historial Araña.

Fuente: Elaboración Propia.

2.6.9. Filtro Lubricación.

FECHA	COMPONENTE	PARTE	NUMERO DE PERSONAL	DURACION(HORAS)	HH	ESTADO EQUIPO
01-02-2022	FILTRO SISTEMA LUBRICACION	FILTRO N1	3	1	3	Con detención

Tabla 13. Historial filtro de lubricación.

Fuente: Datos entregados por la empresa encargada de la mantención.

2.6.10. Filtro Válvula de Cierre.

FECHA	COMPONENTE	PARTE	NUMERO DE PERSONAL	DURACION(HORAS)	HH	ESTADO EQUIPO
19-01-2022	Filtros	Válvulas de Cierre	2	2,5	5	Con detención

Tabla 14. Historial filtro válvula de cierre

Fuente: Datos entregados por la empresa encargada de la mantención.

2.6.11. Bonet.

FECHA	COMPONENTE	PARTE	NUMERO DE PERSONAL	DURACION(HORAS)	HH	ESTADO EQUIPO
01-11-2021	BONETT NUEVO	N/A	2	3	6,0	Con detención

Tabla 15. Historial Bonet.

Fuente: Datos entregados por la empresa encargada de la mantención.

2.6.12. Análisis Costo de Fallas.

Para efectuar este análisis tomaremos en cuenta los siguientes factores.

- Los historiales de fallas recopilados.
- El costo de almacenaje se toma como el 5 % del valor del repuesto.
- El costo de las horas hombre (HH), es un promedio de aproximadamente 12 USD por hora.
- Si utilizamos un precio de cobre de \$ 3 USD/libra, la producción anual de la compañía es de aproximadamente 250,000 toneladas métricas de cobre refinado, lo que equivale a aproximadamente 29 toneladas de cobre refinado por hora. Por lo tanto, el costo de falla (Cf) debido a la falta de producción de la trituradora es de \$190 000/hora.
- El costo por repuesto (Crep) es una aproximación, obtenida de una reunión con un encargado de mantención.

2.6.13. Resumen de Análisis Costo de Fallas Críticas.

Se hace referencia a los costos de mantención de los subsistemas del cachador primario los bronces.

Modo de Falla	Total detención (horas)	Cant. Fallas	Cant. Promedi o Trab.x Falla	C _{rep} (KUSD) *	C _i (KUSD)	C _f (KUSD)	C _a (KUSD)	CGM (KUSD)
Limitador de Torque	7,66	2	2	3	0,183	1455	0,15	1455,3
Cambio Poste	53.87	7	4	80	2,58	10235	4 8	10241,5
Sistema de lubricación	0.83	1	2	6 9	0,0019	157,7	0,3	158,1
Cóncavas	17,75	3	3	50	0,639	3372	2,5	3373,5
Mantos	6	1	2	45	0,144	1140	2,25	1142,39
Estanque Aceite	2	1	5	4	0,12	380	0,2	380,32
Araña	4,25	5	3	25	0,153	807,5	1,25	808,903

Filtro Lubricación	1	1	3	2	0,036	190	0,1	190,136
Filtro Valvula de Cierre	2,5	1	2	1	0,06	475	0,05	475,11
Bonnet	3	1	2	2	0,072	570	0,1	570,172

Tabla 16. Resumen de Análisis Costo de Fallas Críticas.

Fuente: Elaboración Propia.

2.6.14. Importancia de los modos de fallas.

El propósito del análisis en este punto es poder identificar los componentes críticos de la trituradora para que nuestro plan de mantenimiento pueda basarse en este componente. Para el desarrollo del análisis de Pareto, primero es necesario conocer la probabilidad de cada modo crítico de falla del chancador, es decir, cómo cada modo de falla es responsable de la falla total del equipo. Esto se basa en el historial de fallas, el tiempo de inactividad y la información recopilada de los supervisores de la planta y el personal de mantenimiento.

PROBABILIDAD DE FALLAS EN EL EQUIPO

Modo de Falla	Probabilidad de falla (%)
Limitador de Torque	15
Cambio Poste	50
Sistema de lubricación	3
Cóncavas	8
Mantos	8
Estanque Aceite	3
Araña	3
Filtro Lubricación	3
Filtro Válvula de Cierre	2
Bonet	5

Tabla 17. Análisis probabilidad modo de fallas en el equipo.

Fuente: Datos entregados por la empresa encargada de la mantención.

2.6.15. Análisis de modo de fallas.

Para la elaboración del análisis, se ubica en la tabla, los tipos de falla en forma descendiente, tomando en cuenta su importancia en cuanto a causar fallas en el sistema.

Modo de Falla	F_i	F_i / F_t	Costo Total (KUSD)	C_i (KUSD)	C_i / C_t (KUSD)
Cambio Poste	7	0,3	10241,58	10241,58	0,54
Limitador de Torque	9	0,4	1455,3	11696,88	0,62
Cóncavas	12	0,52	3373,5	15070,38	0,8
Mantos	13	0,56	1142,39	16212,77	0,862
Bonet	14	0,6	570,172	16782,92	0,892
Estanque Aceite	15	0,65	380,32	17163,262	0,91
Araña	20	0,86	808,903	17972,165	0,956
Filtro Lubricación	21	0,91	190,136	18162,301	0,96
Sistema de lubricación	22	0,956	158,1	18320,4	0,97

Filtro	23	1	475,11	18795,511	1
Válvula de					
Cierre					

Tabla 18. Tabla análisis Pareto a modo de fallas.

Fuente: Datos entregados por la empresa encargada de la mantención

3. CAPITULO 3: ÀNALISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS

MODELO WEIBULL PARA EL ELEMENTO DE FALLA CRÍTICA.

El presente capítulo tiene como objetivo adecuar una función para poder modelar el comportamiento de la frecuencia de fallas y así obtener los parámetros asociados, que se utilizaran posteriormente.

3.1. IMPLEMENTACIÓN MODELO WEIBULL PARA FALLAS.

Para el uso del modelo, el tiempo entre fallas se obtiene el historial de la planta, asumiendo que nuestro proyecto tiene un historial de 12 meses, este es el período en el que llamaremos a los servicios de METSO para que se encarguen de su mantenimiento, y de registrar esa historia.

Falla(I)	Tiempo entre fallas según historia (hrs)	F_i	$\ln(T)$	$\ln (\ln (1 \div (1 - F_i)))$
1	450	0,1	6,1	-2,25
2	480	0,22	6,17	-1,39
3	520	0,34	6,25	-0,87
4	590	0,49	6,38	-0,39
5	650	0,64	6,47	0,021
6	710	0,81	6,56	0,51
7	760	0,9	6,63	0,78

Tabla 19. Cálculo del Modelo Weibull.

Fuente: Elaboración Entregada por el jefe de confiabilidad.

Para la obtención de los parámetros de Weibull (beta, etha y gamma), se utilizó un software apropiado “Weibull++ (licencia limitada)”, además los datos de la tabla anterior, los datos entregados por la curva Weibull están directamente relacionados con la empresa contratista.

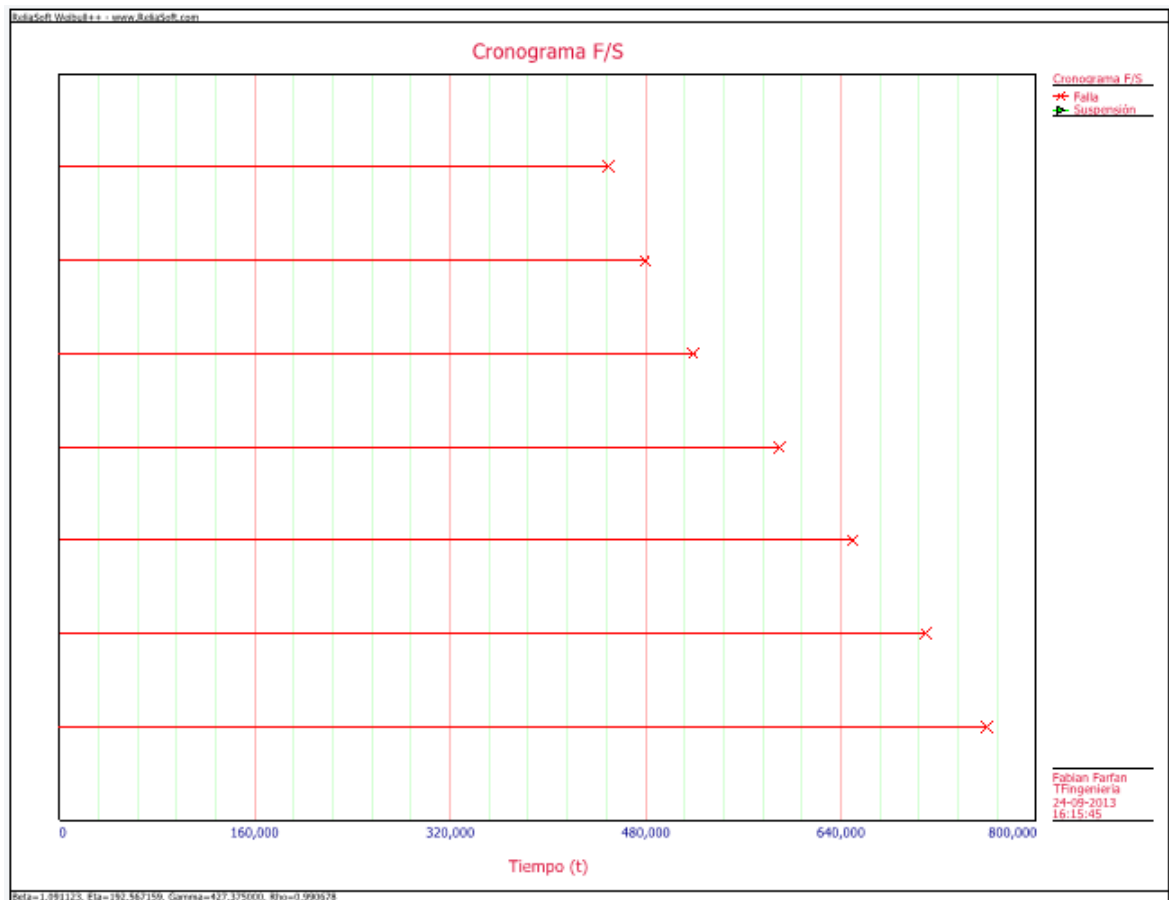


Grafico 1. Cronograma de fallas

Fuente: Software Weibull++.

3.1.1. OBTENCIÓN DE LOS PARAMETROS DE WEIBULL.

El modelo de Weibull generaliza al modelo exponencial. Su razón de fallo es monótona. Este modelo depende de tres parámetros que definen la razón de fallo.

- **Parámetro Umbral:** El parámetro umbral o de localización indica el principio de los tiempos, denotada por la letra griega beta " β "
- **Parámetro de Forma:** Se define en términos del exponente de la función potencial que determina la razón de fallo del modelo, denotada por la letra griega eta " η "
- **Parámetro de escala:** Define la razón de fallo del modelo exponencial, cuando el modelo de Weibull se particulariza a este caso (parámetro de forma igual a la unidad), denotada por la letra griega gamma " γ "

Para la obtención de los parámetros se utilizó el software WEIBULL++, el cual ingresando los valores solicitados indicó los resultados en la siguiente tabla:

	PARAMETROS	
Distribución	Weibull	
Análisis	RRNL	
BETA	1,091123	
ETA (HR)	192,567159	
GAMMA(HR)	427,375	
VAL. DE V	-42,638049	
RHO	0,990678	
FALLAS/SUSP.	7/0	
	MATRIZ LOCAL DE VAR/ COV	
	VAR-BETA= 0,128425	CV ETA BETA= - 0,194422
	CV ETA BETA= - 0,194422	VAR-ETA= 5845,443081

Tabla 20. Calculo parámetros Weibull.

Fuente: Software Weibull++

Con este modelo de Weibull se obtienen los siguientes parámetros: $\beta = 1,091123$

$\eta = 192,567159$ $\gamma = 427,375$

Un valor de beta muy cercano a 1 indica que el componente tiene riesgo y una tasa de falla constante por estar en etapa de madurez. El valor gamma nos dice ganar horas debe estar el dispositivo sin fallar, que son alrededor de 18 días 427 hora.

Para obtener la gamma que minimiza el error cuadrático medio, se obtuvo el software Weibull++, como se muestra en la siguiente figura, la curva negra representa el error cuadrático medio y la curva azul es la distribución de Weibull ajustada.

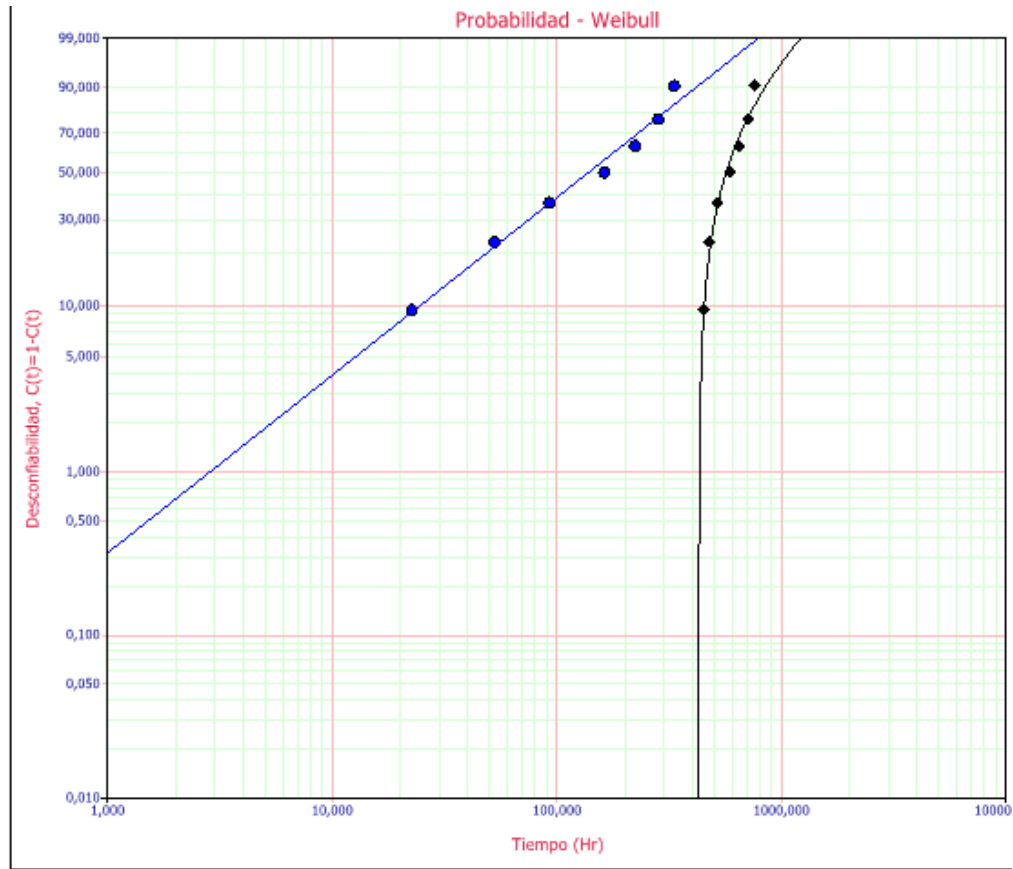


Grafico 2. Probabilidad de Weibull.

Fuente: Software Weibull++.

3.1.2. 6.3. CURVA DE CONFIABILIDAD EN EL TIEMPO.

Para los resultados de $R(t)$, se utilizan los parámetros de operación obtenidos en el punto anterior, donde los tiempos entre fallas obtenidos son los registros de la empresa.

Falla (i)	Tiempo entre fallas según historial (hrs)	$R(t)$
1	450	0,889
2	480	0,760
3	520	0,618
4	590	0,429
5	650	0,314
6	710	0,230
7	760	0,177

Tabla 21. Tiempo entre fallas.

Fuente: Datos entregados por la empresa.

Confiabilidad v/s Tiempo.

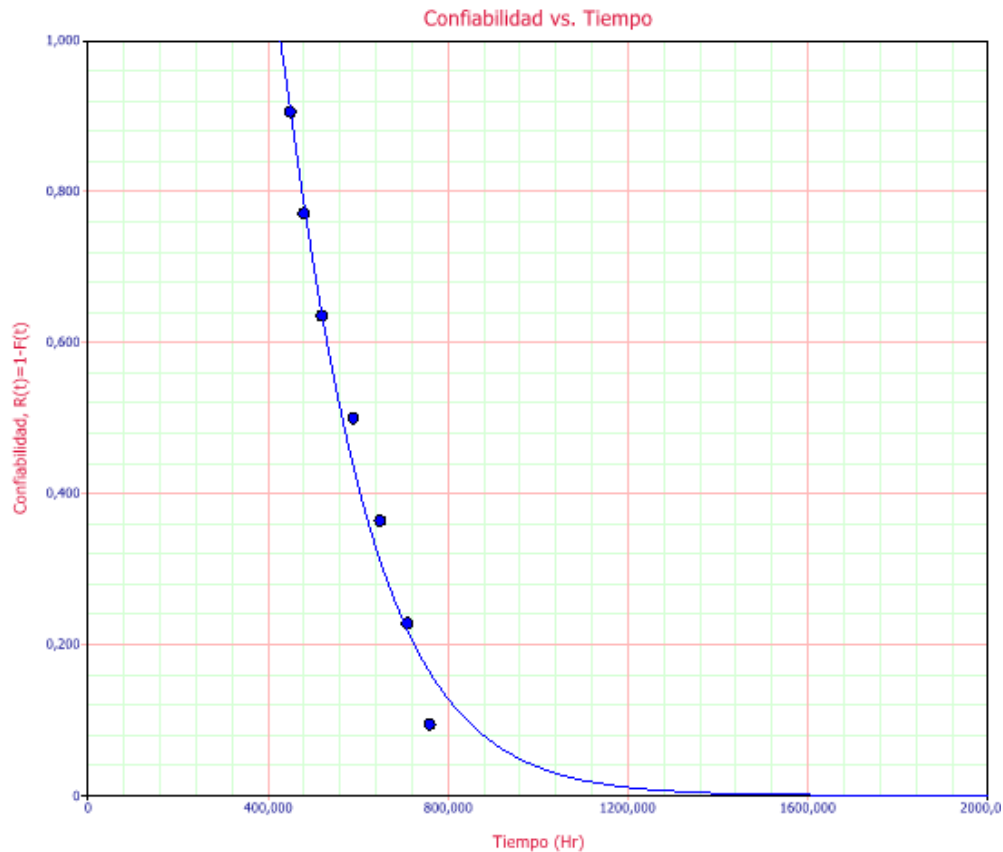


Grafico 3. Confiabilidad vs tiempo

Fuente: Software Weibull++.

Como se puede apreciar en la curva de confiabilidad, han pasado 600 horas y la confiabilidad es del 50%, por otro lado, las 700 horas de mantenimiento preventivo establecido por la empresa, la confiabilidad es cercana al 10%, un valor muy bajo, por lo tanto, es necesario crear ajustes en el plan de mantenimiento.

3.1.3. DETERMINAR TIEMPO MEDIO SIN AVERÍAS.

Para determinar el MTTF (Mean Time To Failure) utilizaremos los resultados del software, utilizando los parámetros de Weibull, el programa nos muestra los siguientes resultados:

MTTF	613,687525 HRS
-------------	----------------

Figura 17.MTTF.

Fuente: Software Weibull++.

El programa arroja que el tiempo estimado o promedio de falla del componente era de aproximadamente 25 días o 613 horas.

3.1.4. TASA DE FALLAS.

Para determinar la tasa de falla promedio por hora, usaremos los parámetros previamente calculados por el mismo software y los resultados son los siguientes:

TASA DE FALLA	0,007452 HRS
----------------------	--------------

Figura 18.Tasa de fallas.

Fuente: Software Weibull++.

El programa indica que, para un tiempo total de 4320 horas o 180 días, la tasa de fallos es de 0,007452 por hora, que se refiere a la frecuencia en cual falla el subsistema. Las tasas de falla de los sistemas o componentes varían durante su vida útil. Por lo general, las tasas disminuyen a medida que se detectan y solucionan problemas. Sin embargo, eventualmente aumentan debido al deterioro del mismo.

La grafica de la función de tasa de falla en el tiempo nos da el siguiente gráfico.

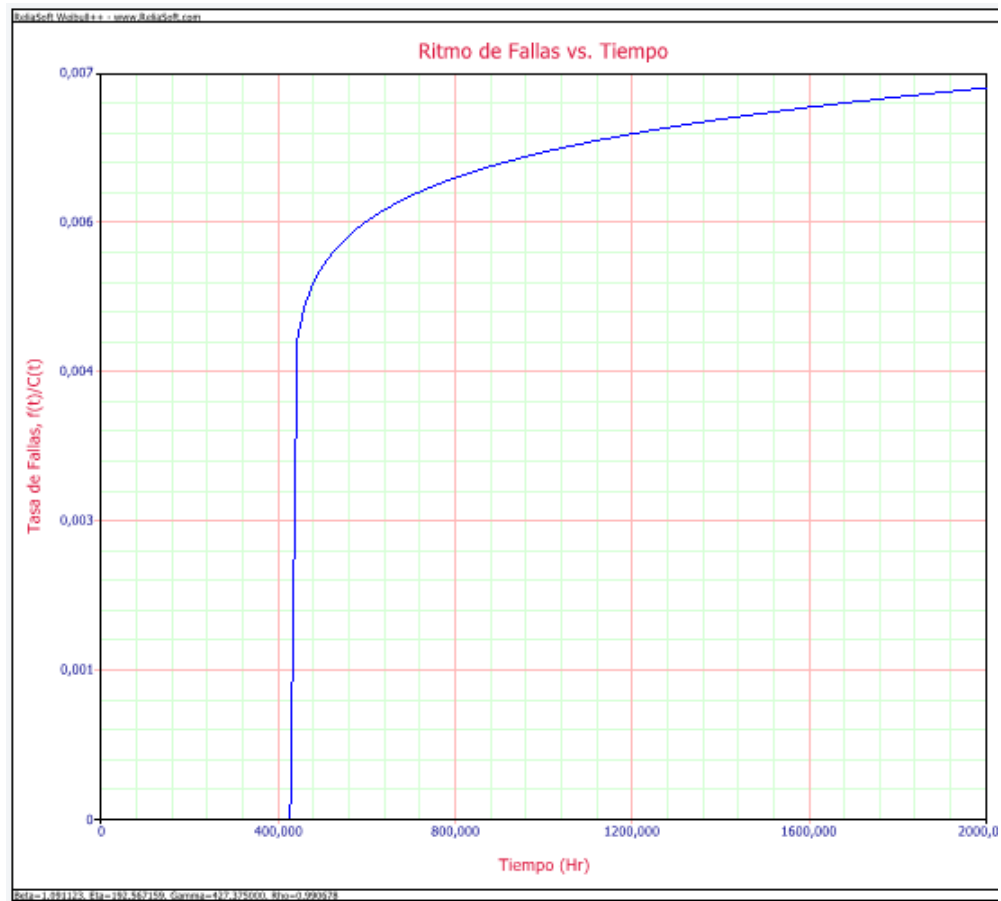


Grafico 4. Ritmo de fallas v/s Tiempo

Fuente: Software Weibull

3.2. OPTIMIZACIÓN DE MANTENCIÓN

Se estimarán los costos asociados a ambos tipos de mantenimiento (preventivo y predictivo) y, además, se calculará el tiempo entre cada mantenimiento preventivo para buscar su optimización.

.

3.2.1. TIEMPO ÓPTIMO ENTRE MANTENCIONES:

La selección de una estrategia de mantenimiento óptima supone una diferenciación previa de fallos catastróficos del sistema productivo, contribuyendo así a minimizar el coste global de mantenimiento (CGM). Cabe señalar que la participación del personal, ya sean operadores o personal de mantenimiento, involucrado en las operaciones relacionadas con el mantenimiento es crucial para optimizar las estrategias de mantenimiento para mejorar la disponibilidad y la calidad de los equipos de producción. Para obtener un intervalo de mantenimiento óptimo debemos minimizar la relación de costos correctivos y preventivos, calcular un valor de X min, tal valor debe minimizar esta relación, para ello utilizaremos el software Weibull++, ya que, para cada modo de falla, se ha calculado el coeficiente de Weibull.

Costo de falla = 190.000 USD/ hrs

Costo de intervención= 2580 USD/ hrs

$R = \text{costo falla} / \text{costo intervención} = 73,6$

Valores estimados en el capítulo anterior (cap. 2.6.12)

$$\beta = 1.09$$

$$K = 0.5$$

Del software se obtiene un valor de x_{min} cercano a 1,23, y además se logra obtener que el mantenimiento preventivo es 2,13 veces más económico que el mantenimiento correctivo al realizar esta mantención al chancador primario, lo que lleva a la conclusión de que el mantenimiento preventivo reduce los costos globales de mantenimiento (MCG). Tomando los valores calculados y sumando los parámetros de Weibull pertinentes, calcularemos el tiempo óptimo entre mantenimientos preventivos, el cual se obtiene de la siguiente relación:

$$T_{opt} = \eta X_{min} + \gamma$$

Obteniendo T_{opt} , plazo optimo entre mantención preventiva es de 47 días.

3.2.2. CÁLCULO DE LOS COSTOS ASOCIADOS A LA MANTENCIÓN.

Los costos son el valor asociado a implementar este tipo de mantención, donde se debe tener en cuenta los siguientes valores:

C_c = Costos correctivos

C_{pr} = Costos preventivos

C_i = Costos de intervención

C_s = Costos predictivo

3.2.3. Cálculo de los costos correctivos:

Por formula según los parámetros de Weibull asociados los costos correctivos siguen la siguiente relación:

$$Cc = \frac{2000}{MTBFx}$$

Y a su vez:

$$MTBFx = \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right)$$

Con $\Gamma = 0,517$

Por lo tanto, $MTBFx = 0,98$

Se entrega el siguiente resultado de los costos correctivos:

$Cc = 201,84 \text{ USD / hrs}$

3.2.4. Cálculo de los costos predictivos:

El cálculo del costo previsto se hará por la siguiente desigualdad, que involucra todos los costos relacionados con el mantenimiento

$$C_s < C_c * MTBF$$

Usando los valores calculados en la sección anterior, los resultados muestran que los costos de mantenimiento predictivo no deben exceder los \$197.764 USD/hora.

3.2.5. Cálculo de los costos preventivos:

El cálculo de los costos preventivo lo realizaremos con la siguiente desigualdad, que relaciona todos los costos asociados al mantenimiento:

$$\frac{Cs}{Ci} < \frac{CPR}{CC} \left(\frac{1+R}{100} \right) - 1$$

Con $C_i = 2580$ USD / hr; $R = 73,6$, tenemos: $C_{pr} = 339,7197$ USD/hr.

La desigualdad muestra que el costo del mantenimiento preventivo es de \$339.7197 USD/hora. El mantenimiento preventivo busca una estrategia de mantenimiento eficaz para prevenir, predecir e identificar fallas, lo que puede ayudar a aumentar la disponibilidad del equipo, aumentar la productividad y minimizar el costo total de mantenimiento. Los ejercicios realizados en este capítulo nos ayudan a obtener la viabilidad del proyecto en la conclusión final del análisis de este estudio.

3.3. DESARROLLO DE PLANILLAS Y CHECKLIST DE MANTENCIÓN.

El objetivo de esta fase es determinar el mejor plan de mantenimiento para el operador que realiza el mantenimiento, para lo cual el propietario de la planta debe asegurarse de contar con personal con amplios conocimientos para luego determinar las observaciones y mediciones que corresponden a las tablas de inspección

3.3.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO:

Durante este proceso, el supervisor de mantenimiento es responsable de poner en circulación las tarjetas de inspección de acuerdo con los procedimientos de mantenimiento. Estos registros deben entregarse a un mecánico dedicado que debe tener un conocimiento profundo del equipo de la planta.

Es importante que el mecánico profesional anote todas las observaciones en el diagrama, ya que esto ayudará a documentar completamente el equipo bajo estudio. Al finalizar la tarea, el inspector notificará al líder de mantenimiento al final de la tarea y entregará un registro junto con las observaciones. El jefe de Mantenimiento será el encargado de estimar si el equipo requiere una intervención inmediata, de ser así, deberá enviar una solicitud de trabajo al jefe de Operaciones y al jefe de mantención, para que este último eleve una solicitud material para la intervención del Equipo de Ocupación con base en las cuestiones planteadas, enviando una copia

del mismo al Supervisor de Mantenimiento, si el equipo se necesita o no se necesita intervenir de inmediato.

El Gerente de Operaciones debe estudiar la solicitud enviada por el Gerente de Mantenimiento y verificar que es posible detener el equipo en ese momento, si la solicitud es aprobada por Operaciones, Debe enviar la aprobación al supervisor de mantenimiento y gestionar la entrega del equipo, y si la entrega del equipo no es factible, debe programar una fecha para realizar el trabajo solicitado por su supervisor de mantenimiento a cargo dentro de un tiempo prudencial. Después de que el supervisor de mantenimiento reciba la solicitud aprobada, tiene que hacer una orden de trabajo basada en el trabajo a realizar, y tiene que enviar una copia al personal de mantenimiento para que pueda realizar el trabajo.

El personal de mantenimiento debe realizar las instrucciones de trabajo de acuerdo con las pautas establecidas por el supervisor de mantenimiento.

Al final de la tarea, el líder de la tarea del mantenedor debe realizar un informe, registrando las observaciones más relevantes sobre el trabajo, como lo realizado, lo que está pendiente, el tiempo de retraso y las posibles complicaciones al final de la tarea. ellos y el gerente de mantenimiento, ya que se pueden realizar mejoras con el tiempo, reducir el tiempo de reparación y el tiempo de inactividad de la planta. El líder de mantenimiento debe hacer arreglos para que el equipo sea entregado al operador, quien luego debe revisar los informes presentados por los mantenedores y analizar las complicaciones que pueden encontrar para realizar mejoras en las pautas de mantenimiento. Finalmente, debe enviar una copia del informe de trabajo y posibles mejoras al sistema de información para que otras industrias lo conozcan.

				N° OT SAP		FECHA	
				Semana N°			

TIPO DE ORDEN:	PL	NP	OTR	SOLICITADO POR:				
			AS					
REALIZADO POR:	M	EL	ASE	PIPING	VENT	LUBRIC	REVEST	OTRO
	EC	E	O					
		C						
EQUIPO DETENIDO:	SI	NO	TIPO DE DETENCIÓN	OPER	MITO	PREPARATIVOS		
NOMBRE DE LA ACTIVIDAD:								

HORA SOLICITUD		EQUIPO INVOLUCRADO (UT):		AVANCE:	
EQUIPO:				%	
FECHA INICIO TRABAJO:			FECHA TERMINO TRABAJO:		
HORA INICIO		HORA INICIO BLOQUEO:		HORA TERMINO	
TRABAJO:				BLOQUEO:	
DESCRIPCION ACTIVIDAD INVOLUCRADAS				DOTACION	DURACION
				Nº	HRS.
CATALOGO DE AVERIA					
SISTEMA O SUB-		COMPONENTES		CAUSA	
EQUIPO					
Nº	REPUESTOS E INSUMOS			CANTIDAD	CODIGO
					SAP
Nº	NOMBRE PERSONAL INVOLUCRADO		N	NOMBRE PERSONAL INVOLUCRADO	

OBSERVACIONES			
EJECUTOR EMPRESA A CARGO	SUPERVISOR EMPRESA A CARGO	APROBADO POR:	
Nombre	Nombre	Nombre	

Fecha	Fecha	Fecha
Firma	Firma	Firma

Tabla 22.Plantilla Procedimientos de trabajo

Fuente: Elaboración propia

3.3.2. HOJA DE INSPECCIÓN POR MEDIO DE CHECKLIST.

Uno de los puntos más importantes en la formulación de un mantenimiento óptimo es la relación del operador con la máquina a analizar, las tareas indicadas en la lista de verificación son de gran ayuda para los responsables, en la figura indicamos la lista de verificación de los Modos de falla estudiados. Este documento demuestra una hoja de trabajo que contiene las tareas a realizar durante las tareas de mantenimiento preventivo en el eje principal de la trituradora.

NOTA: Considere los cierres de plantas.

CHECKLIST EJE PRINCIPAL						
Mantención Preventiva						
	Estado					
Tareas a realizar	Bueno	Regular	Malo	Acciones	Tiempo usado	Comentario
Verificar juego buje araña						

Revisar Buje-araña						
Revisar laina						
Revisar cono de apoyo						
Revisar platos de presión						
Revisar excéntrica						
Revisar sellos de polvos						
Revisar buje excéntrica						

Tabla 23. Checklist eje principal

Fuente: Elaboración propia

El mantenimiento preventivo a través de listas de verificación aumenta la eficiencia y reduce las correcciones de fallas, y si bien este enfoque es aplicable al modo de falla estudiar, es completamente aplicable a cualquier componente crítico de la trituradora, buscando minimizar los costos generales de mantenimiento.

3.4. CONCLUSIONES:

En muchos casos, las fallas graves causarán graves daños periféricos a la máquina y aumentarán los costos de mantenimiento. La eliminación completa es prácticamente imposible en este punto, pero se puede abordar con un enfoque sistemático en el mantenimiento.

En cuanto al Análisis de Modos de Falla, Efectos y Criticidad (FMECA), esta es una de las herramientas más importantes en la implementación de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC) y estudios, ya que identifica el sistema de modo de falla de componentes, causas de falla, otros daños del mecanismo, el método de detección, las medidas a tomar y su gravedad. De esta manera, las fallas se clasifican por importancia, lo que permite desarrollar directamente estrategias de mantenimiento. en aquellas áreas con mayor índice de criticidad para maximizarlas o eliminarlas por completo. Cabe mencionar que el índice de criticidad se evaluó con base en entrevistas a los responsables de mantenimiento (ingenieros y mecánicos), quienes acordaron el índice recomendado en base a su propia experiencia.

La investigación anterior se basó en el análisis de árbol de fallas, que nos permite identificar todas las posibles causas de los modos de falla en un sistema en particular, lo que ayuda a los mantenedores a observar gráficamente la lógica entre los modos de falla de un sistema en particular y la relación de los modos de falla. Razón básica del fracaso. Al realizar un árbol de fallas, se representan los subsistemas más importantes dentro de la trituradora, los cuales han sido desarrollados cuidadosa y exhaustivamente. A través del análisis de Pareto se identificó un componente crítico de la trituradora que era fundamental para la ejecución del proyecto, ya que todo el programa de mantenimiento se basó en el comportamiento de este modo de falla.

Con base en el historial de fallas de la planta, se modelan los modos claves de falla utilizando

la distribución de Weibull, y mediante el software apropiado, en base a los parámetros obtenidos, se determina MTBF, curvas de tasa de falla, intervalos de inspección, tiempos de reemplazo de equipos, etc. esto se hace para tratar de Reducir los costos globales de mantenimiento (CGM), que es el objetivo principal de cualquier programa de mantenimiento. En el último capítulo, usamos los modos de falla crítica de los componentes que se encuentran en los capítulos anteriores. La forma en que funciona es afinando la función y modelando el comportamiento de la frecuencia de falla a través del software "Weibull++" así obtenemos los parámetros de Weibull que usamos en las secciones posteriores.

Finalmente, se calculó los costos asociados a los diferentes tipos de mantenimiento para priorizar los procedimientos y programas correctivos, preventivos y predictivos de una manera más eficiente, de acuerdo con su costo debido a las empresas de mantenimiento. La relación indica que el mejor tipo de mantenimiento es Preventivo, considerando el equivalente a 4.320 horas y un costo de mantenimiento preventivo de \$339,7197 USD /hora durante el periodo de 12 meses en que se realizó el estudio, nos muestra el valor anual de implementar el programa de Mantenimiento Preventivo Según datos proporcionados por la empresa 2935 KUSD por año, un ahorro de alrededor de 435 KUSD por año en relación con la política de mantenimiento actual, solo por el concepto de modo de falla del estudio.

3.4.1. RECOMENDACIONES

- Se recomienda implementar estrictamente MCC en el área de chancado primario, comenzando por los equipos clave y luego a todos los equipos de la concentradora para mantener y mejorar su disponibilidad.
- Se recomienda realizar incentivos, capacitaciones y planes de incentivos a técnicos, mandos medios y altos de mantenimiento y operarios involucrados en la ejecución del plan de mantenimiento de MCC, y fortalecer la comunicación con el área de chancado primario y planificación logística para coordinar los suministros y repuestos de los componentes clave de la trituradora e inventario mínimo de materiales consumibles.
- Se recomienda evaluar constantemente las fallas críticas y evitar paradas repetitivas, manteniendo actualizado siempre el historial de la chancadora primaria y así poder reducir el costo operativo de mantenimiento.

BIBLIOGRAFIA

https://www.google.com/search?q=manto+inferior+del+poste+de+un+chancador&rlz=1C1AL OY_esCL1004CL1004&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=2ahUKEwjTpfo2YX8AhVIHLkGHaqpAGgQ_AUoAXoECAEQAw&biw=1600&bih=789&dpr=1#imgsrc=vIzy1B7v9sOndM

<https://www.mogroup.com/es/portafolio/chancador-primario-giratorio-mkiii/>

<http://www.emb.cl/construccion/articulo.mvc?xid=2506&ni=chancadores-primarios-fijos-y-estanques-de-acero-en-la-mineria>

<https://www.mogroup.com/es/agregados/productos/chancadores/>

<https://chile.angloamerican.com/operaciones/los-bronces.aspx>

<https://yomineria.jimdofree.com/metalurgia-extractiva/conminucion/tipos-de-chancadores/>

<https://support.minitab.com/es-mx/minitab/21/help-and-how-to/probability-distributions-random-data-and-resampling-analyses/supporting-topics/distributions/weibull-distribution/>

<https://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/calculo-de-los-parametros-de-la-distribucion-de-weibull>

Despiece de partes del chancador primario los bronce:



