UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA

PROPUESTA DE MEJORA A PLAN DE MANTENIMIENTO DE UN EQUIPO DE ALTA CRITICIDAD DE ÁREA DE CHANCADO Y MOLIENDA, PLANTA PULLALLI, CEMIN

Trabajo de Titulación para optar al Título de técnico universitario en MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.

Alumnos:
Ignacio Javier Brito Osses
Tomas Velásquez Santibañez
Profesor Guía:
Ing. Andrés Aránguiz Garrido

2020

RESUMEN

KEYWORDS: SELECCIÓN DE EQUIPO, JERARQUIZACIÓN, SELECCIÓN DE TAREAS, PLAN DE MANTENIMIENTO

Debido a la predominación de empresas mineras en Chile junto con la realización de la practica profesional de uno de los autores en este rubro, genero la motivación para realizar este trabajo, ya que la experiencia puede ser replicada o modificada en cualquier faena minera de Chile, sin importar el mineral que procesen, a lo anterior se le suma la motivación obtenida a través de observar como se trabaja en el rubro y el estado de respuesta a fallas que posee la empresa.

El objetivo principal en el que se enfoca este trabajo es el de proponer y evaluar la implementación de una mejora al plan de mantenimiento actual de un equipo de alta criticidad de la empresa CEMIN Holding minero, faena Pullally ubicada en la quinta región de Valparaíso, para ello se utilizaran herramientas de gestión de mantenimiento las cuales se adquirieron a lo largo del desarrollo de la carrera, junto con lo anterior se apoyó la creación de la propuesta en los manuales de servicio, los comentarios, sugerencias de los operadores y trabajadores de la planta, el uso de la información adquirida nos permitirá realizar la evaluación de la factibilidad y viabilidad de la propuesta.

Para lograr el objetivo principal de esta propuesta se utilizaron diferentes metodologías las cuales cada una buscaba llegar mas al fondo de la problemática, estas fueron la elaboración de una matriz de criticidad y riesgo, un análisis SIPOC, una jerarquización a través de un FMECA y una hoja de información RCM con los datos obtenidos a través del FMECA.

Con la ayuda de la metodología FMECA se identificaron siete fallas funcionales que sufría el subsistema critico del equipo, de las cuales se propusieron por lo menos dieciocho tareas de mantenimiento donde predominaban las tareas de inspección, en base a estas tareas para poder realizar la evaluación económica se generaron tres planes de trabajo, en donde al evaluarlos económicamente resulto que la implementación traería consigo a lo menos $4.673.568 CLP de ganancia en comparación con las perdidas actuales por no producción y mantenimiento correctivo.

Finalmente se logro identificar las tareas de mantenimiento necesarias para que el equipo se encuentre en optimas condiciones, además de demostrar que estas tareas poseen mayores beneficios que las actuales tareas de mantenimiento al reducir los costos y perdidas generadas por estas.

ÍNDICE

RESUMEN

SIGLAS Y SIMBOLOGÍA

INTRODUCCIÓN **1**

OBJETIVO GENERAL 2

OBJETIVO ESPECÍFICO 2

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES. **3**

1.1. Antecedentes de la empresa. 5

1.1.1. Equipos principales 7

1.2. Selección de un equipo critico 8

1.2.1. Frecuencia de fallas 9

1.2.2. Horas Hombre 9

1.2.3. Perdida de producción 10

1.2.4. Tiempo medio entre fallas 11

1.3. Elaboración de la matriz de criticidad 12

1.3.1. Cálculo de consecuencia 12

1.3.2. Clasificación de frecuencia de falla 14

1.3.3. Matriz de criticidad 15

1.4. Selección del equipo critico 16

1.5. Selección de subsistema critico 17

CAPÍTULO 2: SELECCIÓN DE TAREAS **18**

2.1. Descripción del equipo 20

2.1.1. Diagrama funcional 21

2.1.1. Condiciones de operación 21

2.1.2. Análisis funcional SIPOC del subsistema 23

2.2. Implementación FMECA 23

2.3. Hoja de información RCM 28

2.3.1. Hoja de información Subsistema Manto y Coraza. 29

CAPÍTULO 3: EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA. **31**

3.1. Evaluación técnica 33

3.1.1. Mantenimiento actual 33

3.1.2. Tareas propuestas 34

3.1.3. Conceptos de seguridad en el trabajo 34

3.2. Pautas de trabajo y check list de entrega 35

3.2.1. Planificación diaria 35

3.2.2. Planificación semanal 36
3.2.3. Planificación quincenal 37
3.2.4. Check list de entrega 38
3.3. Evaluación económica 39
3.3.1. Gasto inicial de plan de mantenimiento a corto plazo. 39
3.3.2. Gastos recurrentes en aplicación de plan de mantenimiento. 40
3.3.3. Evaluación final de propuesta de plan de mantenimiento 42
CONCLUSIÓN 44
BIBLIOGRAFÍA 46
Anexo 1 47
Anexo 2 53
Anexo 3 60
Anexo 4 67
Anexo 5 68
Anexo 6 69
Anexo 7 70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1, Área de molienda planta Pullalli.
Figura 1-2, diagrama de proceso área de chancado y molienda, Planta Pullalli, CEMIN.
Figura 1-3, Matriz de riesgo o Criticidad.
Figura 1-4, Subconjunto manto y coraza
Figura 2-1, Tabla de pesos de chancadores
Figura 2-2, Diagrama funcional chancador Symons
Figura 2-3, Falla en polea de cinta transportadora
Figura 2-4, Plano en corte de chancador Symons 4 ¼
Figura 2-5, Criterio de probabilidad de detección de fallas
Figura 2-6, Criterio probabilidad de tasa de falla
Figura 2-7, Criterio de severidad de falla
Figura 3-1, Avisos de avería correspondientes a Chancador Symons 4 ¼ ft SH
Figura 3-2, Planificación diaria mantención de chancador terciario
Figura 3-3, Planificación semanal mantención de chancador terciario
Figura 3-4, Planificación quincenal mantención de chancador terciario
Figura 3-5, Check list de recepción diario

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1, Modos de falla y números de falla en 1 año.
Tabla 1-2, Tiempo promedio de reparación y número de personas por cada falla
Tabla 1-3, Frecuencia de fallas en un trimestre.
Tabla 1-4, Horas Hombre por cada modo de falla.
Tabla 1-5, Perdida de producción en toneladas por cada modo de falla
Tabla 1-6, Tiempo medio entre fallas, por cada equipo
Tabla 1-7, cuantificación de consecuencia.
Tabla 1-8, Consecuencia cuantificada
Tabla 1-9, cuantificación de frecuencia de falla
Tabla 1-10, Frecuencia de falla en un trimestre.
Tabla 1-11, Riesgo cuantificado de cada modo de falla.
Tabla 2-1, Análisis SIPOC de subsistema Manto y Coraza
Tabla 2-2, FMECA subsistema manto y coraza, funciones y fallas funcionales
Tabla 2-3, FMECA, modos y efectos de fallas
Tabla 2-4, Continuación de FMECA modos y efectos de falla
Tabla 2-5, Numero de prioridad de riesgo
Tabla 2-6, Continuación de numero de prioridad de riesgo
Tabla 2-7, Continuación de numero de prioridad de riesgo
Tabla 2-8, Hoja de información RCM, para subsistema de manto-coraza, chancador Symons 4 ¼ ft SH
Tabla 3-1, Tabla de costo de equipos
Tabla 3-2, tabla de costo de herramientas
Tabla 3-3, Costos de insumos diarios
Tabla 3-4, Costos de insumos semanales y servicio de grúa
Tabla 3-5, Costos de insumos y servicios de mantenimiento quincenal
Tabla 3-6, Costo de hora hombre por mantenimiento
Tabla 3-7, Costos totales de mantenimiento desde el primer y segundo mes
Tabla 3-8, Costos por mantenimiento no programados

SIGLAS Y SIMBOLOGÍA

SIGLAS

FMECA: Failure Mode, Effects, and Criticality Analysis (Análisis de Modos de Fallos, Efectos y su Criticidad.)
MTTR: Medium time til repair (tiempo medio de reparación)
HH: Horas hombre
MTBF: Medium time between failure (tiempo medio entre fallas)
TON: Toneladas
SH: Short head (cabeza corta)
STD: Standard head (cabeza estándar)
RPM: Revoluciones por minuto
SIPOC: Supplier Input Process Output Customer (Proveedores, Entradas, Procesos, Salidas y Clientes)
RCM: Reliability Centred Maintenance, (Mantenimiento centrado en la disponibilidad/confiabilidad)
SAE: Society American Engineering (sociedad de ingenieros americana)
NPR: Numero de prioridad de riesgo
F: Función
FF: Falla Funcional
MF: Modo de Falla
SAP: Systems, Applications, Products in Data Processing (sistemas, aplicaciones y productos en el procesamiento de datos)
USD: United state dollar (dólar estadounidense)
CLP: Chilean peso (peso chileno)

SIMBOLOGÍA

TON/día: Toneladas procesadas por día
TON/hora: Toneladas procesadas por hora

INTRODUCCIÓN

La industria de la minería en Chile se remonta al siglo XIX, donde chile se posiciono como un importante productor de cobre lo que capto el interés de países desarrollados los cuales invirtieron para la explotación de dichos yacimientos, lo que derivó en la introducción de maquinaria especializada, trayendo consigo la necesidad de mantener dichas maquinas.

Hoy en día las empresas mineras necesitan una máxima disponibilidad de sus equipos por lo que los mantenedores se han visto desafiados a planificar mejor sus trabajos esto con el fin de reducir los tiempos de mantenimiento que son una variable que impacta directamente en la disponibilidad de los activos y los costos por producción de estos, por ello los trabajadores involucrados directamente con los equipos también están repotenciándose tecnológicamente para enfrentar los diversos desafíos que ofrecen los equipos en la actualidad.

La planta Pullally de CEMIN holding minero, se encarga del chancado y molienda del mineral de oro, teniendo la problemática de que sus principales equipos sufren de constante mantenimiento correctivo, siendo estos a consecuencia de la carencia de tareas a corto plazo para sus equipos, estas fallas normalmente causan desde el mantenimiento correctivo antes mencionado, hasta imprevistos en mantenimientos preventivos programados.

El proceso de solución de esta problemática abarca la selección de un equipo debido a la disponibilidad de recursos y la optimización de estos, pasando por la selección de tareas según la criticidad de las fallas para finalmente entregar una evaluación técnica y económica que permita el análisis de la viabilidad de la propuesta, no dejando de lado que algunos puntos se puedan debatir con el fin de reducir los costos de dicha propuesta.

Este trabajo y la metodología se realizó en base a información recopilada de la empresa, sus trabajadores y manual de servicio del equipo seleccionado, analizando esta información con herramientas adquiridas durante nuestra formación como técnicos universitarios en mantenimiento industrial.

OBJETIVO GENERAL

- Proponer una mejora de plan de mantenimiento a un equipo de alta criticidad de la empresa CEMIN holding minero, mediante el uso de herramientas de gestión de mantenimiento, para una evaluación que permita la visualización de la factibilidad de la propuesta realizada.

OBJETIVO ESPECÍFICO

- Recopilar información sobre el proceso productivo de la planta de chancado y molienda Pullalli de la empresa CEMIN Holding minero para la selección de un equipo crítico, mediante la creación de una matriz de riesgo contemplando Frecuencia de fallas, y consecuencias.
- Jerarquizar modos de falla del equipo seleccionado, mediante la utilización de FMECA, analizando efectos y consecuencias para la selección de tareas de mantenimiento.
- Evaluar aspectos técnicos y económicos de tareas de mantenimiento, mediante el análisis del valor actual de los costos para la identificación de la factibilidad y viabilidad de la propuesta realizada.

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES.

1. ANTECEDENTES GENERALES.

1.1. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA.

CEMIN Holding minero es una empresa perteneciente a la mediana minería, es un holding ya que posee varias faenas en distintos lugares geográficos, en donde sus principales operaciones las realiza en la tercera y quinta región, específicamente en Catemu, La Ligua y Domeyko. Esta empresa se dedica a la extracción y procesamiento de cobre y oro, siendo este último el mineral procesado en la faena Pullalli en la ciudad de La Ligua en donde estará enfocado este trabajo.

La planta de procesamiento Pullalli, perteneciente a la faena Pullalli inicia sus actividades durante los años 2009 y 2010. En la Figura 1-1 se ve el área de molienda de la planta de procesamiento, esta planta, dentro de su personal cuenta con más de 100 personas, las cuales se desempeñan en diferentes funciones, administrativos, operaciones planta, mantenimiento de planta, además constantemente trabaja con empresas contratistas que traen su propio personal para realizar tareas auxiliares.

Figura 1-1, Área de molienda planta Pullalli.

Fuente: Fotografía de elaboración propia tomada en periodo de práctica profesional, 29/01/20

El objetivo de la planta es entregar carbón activado mediante diferentes técnicas, que posteriormente es cosechado para pasar al siguiente proceso, pero para esto el mineral necesita pasar por diferentes etapas que se muestran en la Figura 1-2. Extraído el mineral de la mina subterránea, es transportado por camiones hasta la “Plataforma 0” en donde es apilada y clasificada en lotes según la ley que tenga dicho lote. Posteriormente se carga el buzón principal gracias a un cargador frontal pasando al alimentador vibratorio principal el cual gracias a un movimiento oscilatorio carga al chancador primario TRUEMAX 500x750, el cual es un chancador de mandíbula que tiene por finalidad disminuir el tamaño

del mineral hasta alcanzar los 19 (mm), cabe destacar que a la salida del chancador se encuentran dos electroimanes para evitar que ingresen inchancables a la siguiente etapa, luego el material gracias a una correa transportadora se traslada hasta el harnero primario 6x16 con doble malla que clasifica el material en primera parte bajo 19 mm, y en su parte inferior bajo 8mm, por un lado el material que está bajo 8 mm se entrega al chancador terciario, y el que esta sobre los 8 mm se entrega al chancador secundario, dichos chancadores son pertenecientes a la marca Symons, siendo el secundario un chancador de cono 4 ft STD y el terciario un chancador de cono 4¼ ft SH, los cuales tienes por misión disminuir la granulometría del material hasta llegar a unos 6 mm, al pasar por esta etapa se traslada gracias a una correa transportadora que recibe el material de los dos chancadores y lo lleva hasta el harnero secundario que vuelve a clasificar el material según su granulometría, siendo la que supera los 6 mm la que vuelve hacia el harnero primario, y la que cumple los requerimientos se traslada hacia un stock pile con capacidad de 250 Toneladas de material, el cual tiene por propósito mantener una autonomía del molino de bolas, si es que ocurre un imprevisto en el área de chancado, entregando una autonomía de 12 horas, en toda esta etapa el área de chancado tiene como meta procesar 15000 toneladas de material mensualmente, luego el material es tomado por un alimentador y transportado por correa hacia el molino Marcy 9x9 en donde se le agrega soda caustica y cianuro que permiten la posterior absorción del mineral por parte del carbón activado, todo esto se aprecia en el diagrama de proceso mostrado en la Figura 1-2. Terminada la molienda se clasifica el material gracias a un hidrociclón que por fuerza centrífuga permite que el material que está listo para pasar a lixiviación lo haga, y el que no, vuelve al proceso de molienda.

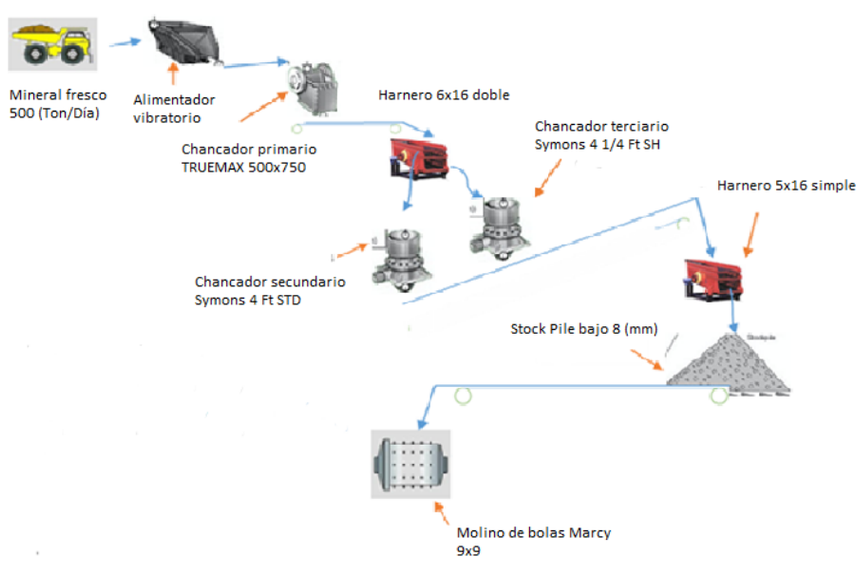


Figura 1-2, diagrama de proceso área de chancado y molienda, Planta Pullalli, CEMIN.

Fuente: CEMIN Holding minero.

Los trabajadores de la planta se rigen mediante un sistema de turnos, en el cual el personal administrativo posee un turno 5x2 solo de día, el personal de operaciones posee un turno 10x5 rotativo entre día y noche en donde existe un profesional con conocimientos en electricidad por cada turno, y el personal de mantenimiento posee un turno 10x5 solo de día, 5x2 de apoyo, y un turno rotativo de noche solo para emergencias.

El personal de mantenimiento cuenta con dos torneros, 3 soldadores mecánicos, 1 soldador calificado, 2 mecánicos y 1 eléctrico, además del jefe de turno. Cabe destacar que, a pesar de tener diferentes competencias, el personal es muy versátil, ya que al ser tan pocos deben brindar apoyo en las operaciones que requieran un mayor número de personal.

1.1.1. Equipos principales

La planta de procesamiento logra su objetivo gracias a diversos equipos que cada uno cumple funciones diferentes, por lo que cada activo tiene diferentes modos de fallo, los cuales se aprecian en los avisos de avería, estos son almacenados en el ERP SAP, en donde se generan los planes de mantenimiento, ordenes de trabajo y demás actividades que logran una buena gestión y el correcto funcionamiento de la planta. A continuación, en la Tabla 1-1, se aprecia información básica de los equipos principales y sus avisos de avería más recurrentes durante el periodo de febrero de 2019 hasta marzo de 2020, dejando fuera modos de fallo que, debido a la información disponible, no se tomaron en cuenta. Además, en la Tabla 1-2 se muestra el tiempo promedio de reparación de cada modo de fallo, expresado en horas, el número de personas promedio que se requieren para realizar la reparación, y finalmente como dato extra, si la operación requiere de grúa.

Tabla 1-1, Modos de falla y números de falla en 1 año.

Equipos	Modo de falla	N° de fallas recurrentes en 1 año
Molino de Bolas Marcy 9x9	Filtración en trommel de alimentación	9
	Corte de pernos tapas de alimentación y descarga	3
Chancador Symons 4 ft STD	Mineral no chancado por desajustes setting	9
	Corte de correas de transmisión	4
	Corte de pernos anillo prismático	6
	Alta RPM y sonido anómalo de coraza	4
Chancador Symons 4 1/4 ft SH	Mineral no chancado por desajustes setting	28
	Corte de correas de transmisión	4
	Alta RPM y sonido anómalo de coraza	6
	Derrame de material chute descarga	2
Chancador Truemax 500x750	Corte de correas de transmisión	9
	Soltura de resorte de ajuste setting	23
	Sonido anómalo y soltura de muelas	9
	Derrame de material chute de alimentación	3
	Corte de barra tensora	2
Harnero 6x16	Derrame de material chute descarga	9
	Corte de correas de transmisión	7
	Daño en estructura motor	5
	Daño estructural	13
Harnero 5x16	Derrame de material en chute descarga	12
	Rotura de malla	20
	Daño estructural	4
TOTAL	N/A	191

Fuente: Elaboración propia en base a la información entregada por CEMIN

Tabla 1-2, Tiempo promedio de reparación y número de personas por cada falla

Equipos	Modo de falla	MTTR en Horas	N° de personas	Requiere grúa
Molino de Bolas Marcy 9x9	Filtración en trommel de alimentación	4	3	Si
	Corte de pernos tapas de alimentación y descarga	3	4	no
Chancador Symons 4 ft STD	Mineral no chancado por desajustes setting	2	2	no
	Corte de correas de transmisión	2	2	no
	Corte de pernos anillo prismático	3	6	si
	Alta RPM y sonido anómalo de coraza	8	8	si
Chancador Symons 4 1/4 ft SH	Mineral no chancado por desajustes setting	2	2	no
	Corte de correas de transmisión	2	2	no
	Alta RPM y sonido anómalo de coraza	8	8	si
	Derrame de material chute descarga	2	2	no
Chancador Truemax 500x750	Corte de correas de transmisión	3	2	no
	Soltura de resorte de ajuste setting	1	2	no
	Sonido anómalo y soltura de muelas	6	3	si
	Derrame de material chute de alimentación	2	2	no
	Corte de barra tensora	2	2	no
Harnero 6x16	Derrame de material chute descarga	2	2	no
	Corte de correas de transmisión	1	2	no
	Daño en estructura motor	2	1	no
	Daño estructural	3	2	no
Harnero 5x16	Derrame de material en chute descarga	2	2	no
	Rotura de malla	2	2	no
	Daño estructural	3	2	no
TOTAL	N/A	65	63	N/A

Fuente: Elaboración propia en base a la información entregada por CEMIN

Se debe volver a destacar que en los datos que se observan en las Tabla 1-1 y Tabla 1-2, no se muestran averías pequeñas, pero que podrían alterar considerablemente el análisis, pero se omitieron para lograr enfocar este trabajo en un equipo. Además, no se muestran los equipos de correas de transporte, ni sus modos de fallos, esto porque fueron considerados un sistema que posee diferentes equipos auxiliares, pero que igualmente son identificadas como un componente critico en el área de chancado, ya que, al ser sistemas que, al fallar, no permiten el desarrollo de la planta.

1.2. SELECCIÓN DE UN EQUIPO CRITICO

Para seleccionar un equipo crítico, los datos obtenidos en las Tabla 1-1 y Tabla 1-2, deben ser analizados, y buscar el desarrollo de estos para la obtención de variables, como impacto en la producción, la Frecuencia de falla o las Horas Hombre involucradas. Estos datos pueden ser utilizados en diferentes herramientas de gestión del mantenimiento, ya sea un Histograma, un Diagrama de Pareto, una Matriz de Riesgo, o un Diagrama de Dispersión Logarítmica, todas estas herramientas con diferente grado de exactitud, y diferente nivel de información.

Dicho esto, se procede a identificar que variables pueden ser obtenidas con los datos recolectados.

1.2.1. Frecuencia de fallas

Para obtener una frecuencia de fallas, se trabajarán los datos de un año de la Tabla 1-1, dividiéndolos en trimestres, dicho esto se obtiene la siguiente formula.

$$Frecuencia\ de\ falla = \frac{N°de\ fallas}{3\ trimestres}$$

En esta fórmula, la Frecuencia de falla estaría expresada en "x" fallas por trimestre. Utilizando la formula en cada modo de fallo se obtiene la Tabla 1-3 en donde se observa la Frecuencia de falla en un trimestre.

Tabla 1-3, Frecuencia de fallas en un trimestre.

Equipos	Modo de falla	Probabilidad de falla en 1 trimestre
Molino de Bolas Marcy 9x9	Filtración en trommel de alimentación	3,00
	Corte de pernos tapas de alimentación y descarga	1,00
Chancador Symons 4 ft STD	Mineral no chancado por desajustes setting	3,00
	Corte de correas de transmisión	1,33
	Corte de pernos anillo prismático	2,00
	Alta RPM y sonido anómalo de coraza	1,33
Chancador Symons 4 1/4 ft SH	Mineral no chancado por desajustes setting	9,33
	Corte de correas de transmisión	1,33
	Alta RPM y sonido anómalo de coraza	2,00
	Derrame de material chute descarga	0,67
Chancador Truemax 500x750	Corte de correas de transmisión	3,00
	Soltura de resorte de ajuste setting	7,67
	Sonido anómalo y soltura de muelas	3,00
	Derrame de material chute de alimentación	1,00
	Corte de barra tensora	0,67
Harnero 6x16	Derrame de material chute descarga	3,00
	Corte de correas de transmisión	2,33
	Daño en estructura motor	1,67
	Daño estructural	4,33
Harnero 5x16	Derrame de material en chute descarga	4,00
	Rotura de malla	6,67
	Daño estructural	1,33

Fuente: Elaboración propia en base a la asignatura Gestión de Mantenimiento

1.2.2. Horas Hombre

Las Horas hombre o HH, son un factor clave a tomar en cuenta, ya que estas nos definen cuantas personas se necesitan para realizar una actividad en un tiempo determinado, además que nos permiten evaluar económicamente una actividad.

Para obtener las HH de los datos, se evalúa la Tabla 1-2 tomando en cuenta el MTTR y el número de personas, dicho esto se crea la siguiente ecuación.

$$HH = MTTR \times N°\ de\ personas$$

Esta fórmula nos arrojara las Horas Hombre expresadas, tal como dice su nombre, en horas. Por lo que, se obtiene la Tabla 1-4 aplicando la ecuación.

Tabla 1-4, Horas Hombre por cada modo de falla.

Equipos	Modo de falla	HH
Molino de Bolas Marcy 9x9	Filtración en trommel de alimentación	108
	Corte de pernos tapas de alimentación y descarga	36
Chancador Symons 4 ft STD	Mineral no chancado por desajustes setting	36
	Corte de correas de transmisión	16
	Corte de pernos anillo prismático	108
	Alta RPM y sonido anómalo de coraza	256
Chancador Symons 4 1/4 ft SH	Mineral no chancado por desajustes setting	112
	Corte de correas de transmisión	16
	Alta RPM y sonido anómalo de coraza	384
	Derrame de material chute descarga	8
Chancador Truemax 500x750	Corte de correas de transmisión	54
	Soltura de resorte de ajuste setting	46
	Sonido anómalo y soltura de muelas	162
	Derrame de material chute de alimentación	12
	Corte de barra tensora	8
Harnero 6x16	Derrame de material chute descarga	36
	Corte de correas de transmisión	14
	Daño en estructura motor	10
	Daño estructural	78
Harnero 5x16	Derrame de material en chute descarga	48
	Rotura de malla	80
	Daño estructural	24

Fuente: Elaboración propia en base a la información entregada por CEMIN

1.2.3. Perdida de producción

Para lograr cuantificar la perdida de producción promedio por cada modo de falla, se debe tomar en cuenta la producción mensual que tiene como meta la planta, la cual es procesar por el área de chancado y molienda, a lo menos 15.000 Toneladas de material, lo que se puede expresar como 500 (Ton/Día), luego se debe convertir a (Ton/Hora), lo cual para el molino son 21 (Ton/Hora) y para toda el área de chancado son 27 (Ton/Hora), esto porque el molino opera 24 horas diarias y el área de chancado solo 18 horas diarias, después se relacionan con la cantidad de fallas y el MTTR de cada modo de falla, resultando la siguiente formula de elaboración propia.

$$Perdida\ de\ producción = N°fallas \times MTTR \times \left(\frac{500\ {}^{Ton}/_{Día}}{Horas\ de\ operación}\right)$$

Realizados los cálculos para cada modo de falla resulta la Tabla 1-5, en donde se puede observar que anualmente se está perdiendo a lo menos 13.713 Toneladas de mineral por tiempo en detención o “Tiempo muerto”, lo que corresponde a un 91% de la producción de un mes. Esto indica que solo el mantenimiento correctivo del área de chancado y molienda genera esa perdida, sin contemplar el mantenimiento programado y

las tareas preventivas realizadas a los equipos, las cuales generan otros tiempos de detención que son motivo de análisis, aun así, para efecto de este trabajo, se utilizaran los datos expuestos.

Tabla 1-5, Perdida de producción en toneladas por cada modo de falla

Equipos	Modo de falla	Toneladas no procesadas (chancado)
Molino de Bolas Marcy 9x9	Filtración en trommel de alimentación	756
	Corte de pernos tapas de alimentación y descarga	189
Chancador Symons 4 ft STD	Mineral no chancado por desajustes setting	504
	Corte de correas de transmisión	224
	Corte de pernos anillo prismático	504
	Alta RPM y sonido anómalo de coraza	896
Chancador Symons 4 1/4 ft SH	Mineral no chancado por desajustes setting	1568
	Corte de correas de transmisión	224
	Alta RPM y sonido anómalo de coraza	1344
	Derrame de material chute descarga	112
Chancador Truemax 500x750	Corte de correas de transmisión	756
	Soltura de resorte de ajuste setting	644
	Sonido anómalo y soltura de muelas	1512
	Derrame de material chute de alimentación	168
	Corte de barra tensora	112
Harnero 6x16	Derrame de material chute descarga	504
	Corte de correas de transmisión	196
	Daño en estructura motor	280
	Daño estructural	1092
Harnero 5x16	Derrame de material en chute descarga	672
	Rotura de malla	1120
	Daño estructural	336
TOTAL	N/A	13713

Fuente: Elaboración propia en base a la información entregada por CEMIN

1.2.4. Tiempo medio entre fallas

El MTBF es el tiempo promedio que hay entre fallas, para obtener este parámetro de los datos recolectados, se deben sumar la cantidad de fallas de cada equipo, luego se debe calcular las horas totales disponibles de cada equipo, esto realizando el cálculo de horas totales en un año, considerando todos los meses con 30 días, lo que nos arroja 3760 Horas, luego de tener la cantidad total de horas en un año se debe comparar con el MTTR de la información recolectada, para después reemplazar los datos obtenidos en la siguiente formula.

$$MTBF = \frac{Tiempo\ total\ disponible - MTTR}{N°\ de\ fallas}$$

Al realizar los cálculos correspondientes en cada equipo resulta en la Tabla 1-6, donde se puede apreciar de mejor forma el valor MTBF de cada uno de los equipos, no tomando en cuenta el modo de falla, sino que dando una visión más global de los activos.

Tabla 1-6, Tiempo medio entre fallas, por cada equipo

Equipos	Modo de falla	MTBF en Horas
Molino de Bolas Marcy 9x9	Filtración en trommel de alimentación	730
	Corte de pernos tapas de alimentación y descarga	
Chancador Symons 4 ft STD	Mineral no chancado por desajustes setting	285
	Corte de correas de transmisión	
	Corte de pernos anillo prismático	
	Alta RPM y sonido anómalo de coraza	
Chancador Symons 4 1/4 ft SH	Mineral no chancado por desajustes setting	164
	Corte de correas de transmisión	
	Alta RPM y sonido anómalo de coraza	
	Derrame de material chute descarga	
Chancador Truemax 500x750	Corte de correas de transmisión	143
	Soltura de resorte de ajuste setting	
	Sonido anómalo y soltura de muelas	
	Derrame de material chute de alimentación	
	Corte de barra tensora	
Harnero 6x16	Derrame de material chute descarga	193
	Corte de correas de transmisión	
	Daño en estructura motor	
	Daño estructural	
Harnero 5x16	Derrame de material en chute descarga	182
	Rotura de malla	
	Daño estructural	

Fuente: Elaboración propia en base a la información entregada por CEMIN

1.3. ELABORACIÓN DE LA MATRIZ DE CRITICIDAD

Antes de la creación de la matriz se deben clasificar los datos obtenidos del punto 1.2, junto con la elaboración de una fórmula de consecuencia, valores que serán utilizados para asignarles un sector en la matriz de criticidad y así obtener el equipo crítico.

1.3.1. Cálculo de consecuencia

Para realizar la elaboración de la fórmula de consecuencia se recopilo información sobre la importancia del tonelaje producido, las horas hombre y el MTBF en la empresa, lo cual resulta en la siguiente formula de elaboración propia, destacando que no se consideraron aspectos como la Seguridad, Higiene y Ambiente, esto porque solo se evalúa el impacto productivo, aunque serán considerados en la propuesta de plan de mantenimiento durante el CAPÍTULO 2: .

$$Consecuencia = TON * 50\% + HH * 30\% + MTBF * 20\%$$

Al utilizar la formula anterior en cada falla por equipo nos arroja los resultados de la Tabla 1-8, a los cuales se les aplico la cuantificación presentada en la Tabla 1-7. Se clasifican los resultados en una categoría del 1 al 5 para poder ser utilizados en la matriz

Tabla 1-7, cuantificación de consecuencia.

Categoria	Rango de valores	Descripción
5	C >800	Si el equipo falla las consecuencias para la empresa son catastroficas desde el punto de vista de producción
4	600< C ≤800	Si el equipo falla las consecuencias para la empresa son mayores desde el punto de vista de producción
3	400< C ≤600	Si el equipo falla las consecuencias son consideradas normales desde el punto de vista de producción
2	200< C ≤400	Si el equipo falla las consecuencias son consideradas menor desde el punto de vista de producción
1	0< C ≤200	Si el equipo falla las consecuencias son insignificantes desde el punto de vista de producción

Fuente: Elaboración propia en base a la asignatura Gestión de Mantenimiento

En la Tabla 1-7 la letra C representa el resultado obtenido de la fórmula de consecuencia del punto 1.3.1, la cual es ubicada en una de las categorías de consecuencia la que más adelante será utilizada en la matriz de criticidad para poder asignarle a la falla un nivel de criticidad.

Tabla 1-8, Consecuencia cuantificada

Equipos	Modo de falla	Resultado	Consecuencia
Molino de Bolas Marcy 9x9	Filtración en trommel de alimentación	556	3
	Corte de pernos tapas de alimentación y descarga	105	1
Chancador Symons 4 ft STD	Mineral no chancado por desajustes setting	320	2
	Corte de correas de transmisión	117	1
	Corte de pernos anillo prismático	284	2
	Alta RPM y sonido anómalo de coraza	525	3
Chancador Symons 4 1/4 ft SH	Mineral no chancado por desajustes setting	850	5
	Corte de correas de transmisión	117	1
	Alta RPM y sonido anómalo de coraza	787	4
	Derrame de material chute descarga	58	1
Chancador Truemax 500x750	Corte de correas de transmisión	423	3
	Soltura de resorte de ajuste setting	336	2
	Sonido anómalo y soltura de muelas	805	5
	Derrame de material chute de alimentación	88	1
	Corte de barra tensora	58	1
Harnero 6x16	Derrame de material chute descarga	301	2
	Corte de correas de transmisión	102	1
	Daño en estructura motor	143	1
	Daño estructural	569	3
Harnero 5x16	Derrame de material en chute descarga	387	2
	Rotura de malla	584	3
	Daño estructural	175	1

Fuente: Elaboración propia en base a la información entregada por CEMIN

En la Tabla 1-8 se puede apreciar los resultados por falla junto con su clasificación de consecuencia que va del 1 al 5 como se muestra en la columna Categoría de la Tabla 1-7, esta clasificación es la que será utilizada en la comparación en la matriz de riesgo.

1.3.2. Clasificación de frecuencia de falla

La frecuencia de falla se clasifico en cinco grupos, los cuales quedan agrupados como se muestra en la Tabla 1-9, y al aplicar esta clasificación a la Tabla 1-3 se obtiene la Tabla 1-10.

Tabla 1-9, cuantificación de frecuencia de falla

Categoria	Rango de valores	Descrpción
5	8< x	El equipo presenta mas de 8 fallas por trimestre
4	6< x ≤8	El equipo presenta entre 6 a 8 fallas por trimestre
3	4< x ≤6	El equipo presenta entre 4 a 6 fallas por trimestre
2	2< x ≤4	El equipo presenta entre 2 a 4 fallas por trimestre
1	0< x ≤2	El equipo presenta entre 0 a 2 fallas por trimestre

Fuente: Elaboración propia en base a la asignatura Gestión de Mantenimiento

En la Tabla 1-9 la letra “x” representa el resultado de la formula del punto 1.2.1, la cual nos permite ubicarla en una de las cinco categorías de frecuencia de falla, la cual será utilizada más adelante en la matriz de criticidad para poder asignarle un nivel a la falla.

Tabla 1-10, Frecuencia de falla en un trimestre.

Equipos	Modo de falla	Número de fallas en un trimestre	Frecuencia de falla
Molino de Bolas Marcy 9x9	Filtración en trommel de alimentación	3,0	2
	Corte de pernos tapas de alimentación y descarga	1,0	1
Chancador Symons 4 ft STD	Mineral no chancado por desajustes setting	3,0	2
	Corte de correas de transmisión	1,3	1
	Corte de pernos anillo prismático	2,0	2
	Alta RPM y sonido anómalo de coraza	1,3	1
Chancador Symons 4 1/4 ft SH	Mineral no chancado por desajustes setting	9,3	5
	Corte de correas de transmisión	1,3	1
	Alta RPM y sonido anómalo de coraza	2,0	2
	Derrame de material chute descarga	0,7	1
Chancador Truemax 500x750	Corte de correas de transmisión	3,0	2
	Soltura de resorte de ajuste setting	7,7	4
	Sonido anómalo y soltura de muelas	3,0	2
	Derrame de material chute de alimentación	1,0	1
	Corte de barra tensora	0,7	1
Harnero 6x16	Derrame de material chute descarga	3,0	2
	Corte de correas de transmisión	2,3	2
	Daño en estructura motor	1,7	1
	Daño estructural	4,3	3
Harnero 5x16	Derrame de material en chute descarga	4,0	3
	Rotura de malla	6,7	4
	Daño estructural	1,3	1

Fuente: Elaboración propia en base a la información entregada por CEMIN

En la Tabla 1-10, se aprecia el número de fallas por trimestre, y en la columna Frecuencia de falla, la cuantificación obtenida en base a la columna Categoría de la Tabla 1-9.

1.3.3. Matriz de criticidad

A continuación, se muestra la matriz de criticidad en la Figura 1-3, en donde se aprecia que se compone por el eje “Y”, el cual es el eje de las consecuencias y el eje “X”, el cual es el eje de las Frecuencias.

		Consecuencia	5	I	II	III	IV	IV
IV	Riesgo Alto		4	I	II	II	III	IV
III	Riesgo Medio		3	I	I	II	II	III
II	Riesgo Bajo		2	I	I	I	II	II
I	Riesgo Muy Bajo		1	I	I	I	I	I
				1	2	3	4	5
			Frecuencia de falla					

Figura 1-3, Matriz de riesgo o Criticidad.

Fuente: Elaboración propia en base a la asignatura Gestión de Mantenimiento y Prevención de Riesgo

En la matriz los valores de consecuencia se interpretan de la siguiente forma:

- 5: Catastrófico
- 4: Mayor
- 3: Moderado
- 2: Menor
- 1: Insignificante o no aplicable

Los valores de Frecuencia de falla se interpretan de la siguiente forma:

- 5: Casi cierto
- 4: Probable
- 3: Posible
- 2: Poco probable
- 1: improbable

Al ubicar las clasificaciones de los datos obtenidos en los puntos 1.3.1 y 1.3.2 se obtiene la criticidad por falla, las cuales se pueden apreciar en la Tabla 1-11.

En esta tabla se utilizó la discriminación en base a los modos de falla, no así en base a los equipos, todo esto para posteriormente en el punto 1.5, se pueda seleccionar un subsistema crítico, debido a que todos los activos son de grandes dimensiones, y buscando que en el Capítulo 2, la planificación o paquete de tareas y mejoras, vaya enfocado en el antes mencionado subsistema crítico.

Tabla 1-11, Riesgo cuantificado de cada modo de falla.

Equipos	Modo de falla	Consecuencia por falla	Frecuencia de falla	Riesgo
Molino de Bolas Marcy 9x9	Filtración en trommel de alimentación	3	2	I
	Corte de pernos tapas de alimentación y descarga	1	1	I
Chancador Symons 4 ft STD	Mineral no chancado por desajustes setting	2	2	I
	Corte de correas de transmisión	1	1	I
	Corte de pernos anillo prismático	2	2	I
	Alta RPM y sonido anómalo de coraza	3	1	I
Chancador Symons 4 1/4 ft SH	Mineral no chancado por desajustes setting	5	5	IV
	Corte de correas de transmisión	1	1	I
	Alta RPM y sonido anómalo de coraza	4	2	II
	Derrame de material chute descarga	1	1	I
Chancador Truemax 500x750	Corte de correas de transmisión	3	2	I
	Soltura de resorte de ajuste setting	2	4	II
	Sonido anómalo y soltura de muelas	5	2	II
	Derrame de material chute de alimentación	1	1	I
	Corte de barra tensora	1	1	I
Harnero 6x16	Derrame de material chute descarga	2	2	I
	Corte de correas de transmisión	1	2	I
	Daño en estructura motor	1	1	I
	Daño estructural	3	3	II
Harnero 5x16	Derrame de material en chute descarga	2	3	I
	Rotura de malla	3	4	II
	Daño estructural	1	1	I

Fuente: Elaboración propia en base a la información entregada por CEMIN

Se puede apreciar que el chancador Symons 4 ¼ ft SH es el que presenta la falla más crítica, teniendo una consecuencia catastrófica y una frecuencia de falla que indica una probabilidad alta de que ocurra el evento.

1.4.SELECCIÓN DEL EQUIPO CRITICO

Al analizar la Tabla 1-11,se obtiene que la falla de mineral no chancado por desajuste de setting del chancador Symons 4 ¼ ft SH es la falla más crítica estando ubicada en consecuencia con un valor de 5 (catastrófico) y en frecuencia con un valor de 5 (casi cierto) por lo que se puede clasificar como una falla de riesgo alto, cabe destacar que esta falla, se puede confundir con una falla no critica al ser la reparación un simple ajuste del equipo, pero al analizarlo se observa que es una falla repetitiva que influye mucho en la producción, además este equipo posee una falla de riesgo bajo siendo esta la falla por alta RPM y sonido anómalo de la coraza, la cual es un componente que está directamente relacionado con el ajuste del equipo, por lo que estas dos fallas pueden estar relacionadas, ubicando al chancador Symons 4 ¼ ft SH como el equipo critico dentro de la planta de chancado y molienda Pullalli de CEMIN. Además, se seleccionó dicho equipo, ya que existe en la línea productiva, otro activo de la misma marca, pero de diferente tamaño, lo que permitirá que el plan de mantenimiento pueda ser replicado en dicho equipo.

1.5.SELECCIÓN DE SUBSISTEMA CRITICO

Debido a que el activo critico seleccionado es un equipo de grandes dimensiones, se decidió seleccionar un subsistema o subconjunto de componentes del chancador Symons 4 ¼ ft SH, esto apoyándose en el manual del equipo, y comparando las fallas y criticidad expuestas en el punto 1.3.3, Tabla 1-11, resulta en la Tabla 1-12.

Tabla 1-12, Subconjuntos afectados por fallas

Fallas	Subconjunto
Mineral no chancado por desajuste de setting	Manto y coraza
Corte de correas de transmisión	Transmisión de potencia
Alta RPM y sonido anómalo de coraza	Manto y coraza
Derrame de material chute descarga	Chute descarga

Fuente: Elaboración propia en base a la información entregada por CEMIN

En base a la Tabla 1-12 se identificó que el subconjunto que posee las fallas más críticas es el subsistema manto y coraza, puesto que resulta tener, según la Tabla 1-11, un modo de fallo en el nivel IV de riego alto siendo este el único en dicha tabla, además se aprecia que ocurre la misma falla en el equipo semejante al seleccionado, este es el chancador Symons 4 ft STD, dicho subsistema se puede apreciar en la Figura 1-4.

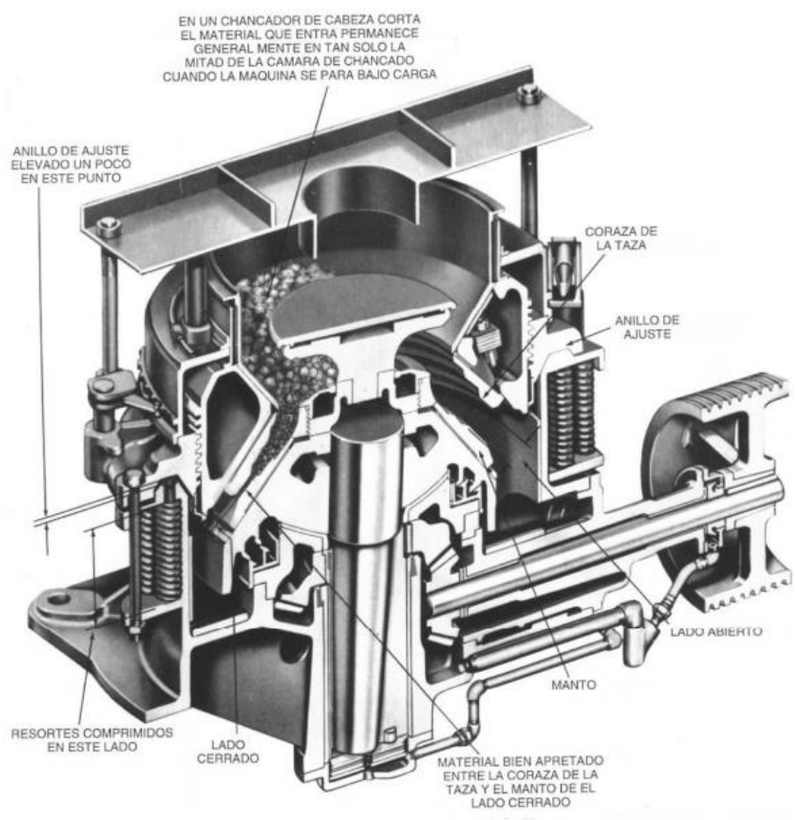


Figura 1-4, Subconjunto manto y coraza

Fuente: Manual de servicio chancador de cono Symons 4 ¼’, 5 ½’ & 7’

CAPÍTULO 2: SELECCIÓN DE TAREAS

2. SELECCIÓN DE TAREAS

2.1. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

El equipo seleccionado es un chancador de cono el que se clasifica como un equipo de compresión, la cual se produce entre dos piezas una móvil y una fija, la reducción y el calibrado de tamaño se realiza a través de la configuración en el espacio entre los dos miembros de chancado del punto más bajo. La compresión ocurre cuando el eje excéntrico gira, debido a lo cual el material se empieza a reducir en tamaño y por consecuente empieza a moverse hacia abajo a través del revestimiento de desgaste hasta llegar a la parte inferior del equipo donde se descarga.

En la Figura 2-1 se especifica los pesos de las diversas partes de los chancadores en base a lo cual se puede obtener si el equipo requiere de grúa al momento de su desarme.

PESO DEL CHANCADOR COMPLETO Y PESOS DE LOS CONJUNTOS QUE REQUIEREN MANIPULACION FRECUENTE	TOMAÑO DEL CHANCADOR			
	4-1/4 PIES	5-1/2 PIES	7 PIES ROBUSTO	7 PIES SUPER ROBUSTO
CHANCADOR COMPLETO	22,589 (49,800)	43,863 (96,700)	70,127 (154,600)	89,495 (197,300)
BASTIDOR PRINCIPAL, ANILLO DE AJUSTE, RESORTES, PLACAS DE APOYO DE LA EXCENTRICA, QUICIONERA CAJA DEL CONTRAEJE, CONTRAEJE Y POLEA DEL CHANCADOR	13,926 (30,700)	25,447 (56,100)	38,556 (85,000)	57,698 (127,200)
BASTIDOR PRINCIPAL, ANILLO DE AJUSTE Y RESORTES	10,977 (24,200)	19,686 (43,400)	28,940 (63,800)	48,082 (106,000)
BASTIDOR PRINCIPAL, INCLUSIVE LA TAPA DE LA BASTIDOR PRINCIPAL, BUJE EXTERIOR DE LA EXCENTRICA Y EL RECUBRIMIENTO DE LA BASTIDOR PRINCIPAL	5,489 (12,100)	11,567 (25,500)	18,144 (40,000)	25,084 (55,300)
TAZA, CORAZA DE LA TAZA Y TAPA DE AJUSTE	4,355 (9,600)	9,163 (20,200)	14,334 (31,600)	14,561 (32,100)
CABEZA, EJE PRINCIPAL, MANTO Y PLACA DE LA ALIMENTACION	4,309 (9,500)	9,253 (20,400)	17,237 (38,000)	17,237 (38,000)
CAJA DEL CONTRAEJE, CONTRAEJE Y POLEA DEL CHANCADOR	1,270 (2,800)	2,132 (4,700)	3,175 (7,000)	3,175 (7,000)
EXCENTRICA	1,043 (2,300)	1,905 (4,200)	3,447 (7,600)	3,447 (7,600)
QUICIONERA	635 (1,400)	1,724 (3,800)	2,994 (6,600)	2,994 (6,600)
MANTO	590 (1,300)	1406 (3,100)	2,268 (5,000)	2,268 (5,000)
CORAZA DE LA TAZA	680 (1,500)	1,542 (3,400)	2,722 (6,000)	2,722 (6,000)

TENIENDO EN CUENTA LA EXISTENCIA DE VARIAS COMBINACIONES DE PIEZAS EN CADA TAMAÑO DE CHANCADOR Y LAS VARIACIONES DE CONSTRUCCION.

LOS PESOS INDICADOS EN LA TABLA SON SOLO APROXIMADOS.

TODOS LOS PESOS EN KGS Y LBS.

Figura 2-1, Tabla de pesos de chancadores

Fuente: Manual de servicio chancador de cono Symons 4 ¼’, 5 ½’ & 7’

2.1.1. Diagrama funcional

En la Figura 2-2, se muestra el diagrama funcional de bloques del chancador Symons 4 ¼ ft SH, en este se aprecia la división de los principales subconjuntos del equipo, en donde se muestra su función, y su interacción con el medio externo, en este diagrama se puede visualizar flechas más destacadas que otras, ya que, si cualquier flecha destacada se ve interrumpida, implica algún tipo de anomalía o falla en el equipo.

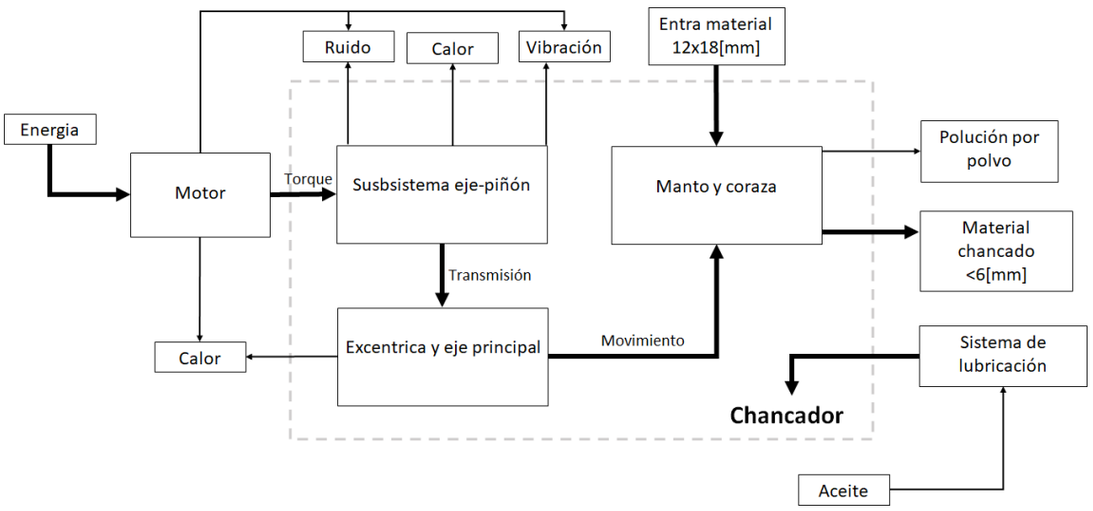


Figura 2-2, Diagrama funcional chancador Symons

Fuente: Elaboración propia en base a la información entregada por CEMIN

2.1.1. Condiciones de operación

Las condiciones de operación de un equipo son variables que influyen directamente en el desempeño de este, en sus fallas y modos de falla, ya que, el activo se verá en un contexto de constantes cambios.

Aunque el manual de servicio de un equipo nos entregue un plan de mantenimiento especificado, no contempla las condiciones de operación, ya que en estas puede existir un medioambiente exterior agresivo, la temperatura del ambiente puede ser extrema, o bien se exceden las cargas nominales a las que debe operar el equipo, como también pueden ser demasiado bajas. Todo esto influye en el desempeño del activo, y las fallas que este puede presentar.

El Chancador Symons 4 ¼ ft SH, al igual que toda el área de chancado, está encargado de procesar 500 TON/Día, durante 18 Horas de operación diarias, en donde debe reducir la granulometría del mineral hasta los 6 mm requeridos para el proceso de molienda.

El equipo, al igual que la mayoría de las instalaciones del área de chancado, se encuentra operando con un nivel alto de polución por polvo, y con derrames de material constantes en los chutes, además en ocasiones se supera la carga nominal del equipo, lo

que produce constantes derrames de mineral y apilamiento de este en los costados de cintas transportadoras y del mismo chancador, lo que ha llevado a fallas en poleas de cintas transportadoras como se muestra en la Figura 2-3, o podría causar algún accidente a algún trabajador.

Figura 2-3, Falla en polea de cinta transportadora

Fuente: Fotografía de elaboración propia tomada en periodo de práctica profesional, 05/02/20

Por otro lado, existe un medio ambiente interior agresivo en el equipo, específicamente en el lubricante, ya que se encuentra expuesto al ingreso de agentes contaminantes, al ocurrir una falla en el anillo de obturación de la quicionera o sello de polvo del equipo que se muestra en la Figura 2-4, el cual cumple la función de empaquetadura del equipo.

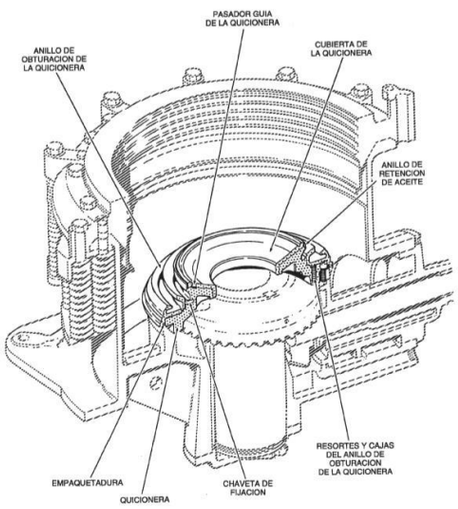


Figura 2-4, Plano en corte de chancador Symons 4 ¼

Fuente: Manual de servicio chancador de cono Symons 4 ¼’, 5 ½’ & 7’

Además, el sistema de lubricación del equipo se encuentra justo debajo del mismo, por lo que al existir derrames, y al operar el equipo, cae mineral y polvo al sistema de lubricación, y si no se realiza una limpieza constante, los intercambiadores de calor forzados por ventiladores, pueden dejar de funcionar, o bien las bombas de lubricación

pueden de igual forma fallar, causando un aumento de temperatura del equipo, lo que sin un sensor de temperatura que indique la falla, podría llevar a una falla catastrófica.

2.1.2. Análisis funcional SIPOC del subsistema

SIPOC según sus siglas, Supplier Input Process Output Customer, tiene la función, para efecto de este trabajo, de ser la base para la evaluación de los modos de falla mencionados en el capítulo anterior, enfocándose en el subsistema de manto y coraza seleccionado en el punto 1.5 del capítulo 1, tomando en cuenta las funciones primarias y secundarias de dicho conjunto, dicho esto resulta la siguiente tabla.

Tabla 2-1, Análisis SIPOC de subsistema Manto y Coraza

Proveedores	Entradas	Proceso	Salidas	Clientes
Harnero primario 6x16	Mineral entre 19[mm] y 8 [mm]	Disminuir la granulometría del material proveniente del harnero primario traspasándolo a la correa transportadora, a no más de 8 (mm) y a un caudal no menor que 27 TON/dia. - Ajustar dependiendo del desgaste presente, para lograr la granulometria requerida	Mineral triturado a menos de 6 a 8 [mm] dependiendo de lo que se requiera	Correa transportadora 2
Sistema de lubricación	Lubricante	Eje y manto se levanta sobre pelicula de lubricante retenida por sello de polvo	Movimiento oscilatorio y hermeticidad del eje	Manto y coraza

Fuente: Elaboración propia en base a Manual de servicio chancador de cono Symons 4 ¼’, 5 ½’ & 7’

2.2. IMPLEMENTACIÓN FMECA

El FMECA (Failure Mode, Effects, and Criticality Analysis) o en español AMFEC (Análisis de Modos de Fallos, Efectos y su Criticidad), será utilizado en este trabajo para identificar los modos y efectos de fallo del subsistema manto y coraza, para luego generar una hoja de información RCM que permita seleccionar las tareas de mantenimiento en base a los efectos de las fallas.

Esto permitirá realizar un análisis más profundo que el realizado en el punto 1.5 de capítulo 1, ya que este solo se realizó para la selección del subsistema. Al utilizar la información recolectada, y en conjunto con el manual de servicio del equipo, se busca la identificación de todos los modos de fallo del subsistema, así como sus efectos, lo cual como se nombró anteriormente permite realizar un plan de tareas robusto y eficaz, que dé solución a la mayoría de las fallas funcionales.

Para comenzar con la implementación del FMECA, primero se identificó el subsistema, sus funciones y sus fallas funcionales resultando en la siguiente tabla.

Tabla 2-2, FMECA subsistema manto y coraza, funciones y fallas funcionales

Subsistema		Función		Fallas funcionales	
1	Manto y coraza	1	Disminuir la granulometría del material proveniente del harnero primario traspasándolo a la correa transportadora, a no más de 8 (mm) y a un caudal no menor que 27 TON/dia.	A	Disminuye la capacidad
				B	No tritura material
				C	No traspasa material a la correa
				D	Incapaz de procesar el tonelaje
		2	Ajustar dependiendo del desgaste presente, para lograr la granulometria requerida	A	Incapacidad de ajustar setting
		3	Eje y manto se levanta sobre pelicula de lubricante retenida por sello de polvo	A	Eje no se levanta
				B	No se retiene el lubricante

Fuente: Elaboración propia en base a Manual de servicio chancador de cono Symons 4 ¼’, 5 ½’ & 7’

En la Tabla 2-2 se puede apreciar que tanto el subsistema como la función están con un rotulo numérico y las fallas funcionales están rotuladas con letras, esto se debe a que en la hoja de información RCM se utilizaran estos rótulos para identificar las fallas y a que función corresponden.

Después de haber identificado cada falla funcional de su respectiva función se procedió a encontrar cada modo de falla y efecto de falla de dichas fallas funcionales, resultando en las siguientes tablas.

Tabla 2-3, FMECA, modos y efectos de fallas

Falla funcional		Modo de falla		Efecto de falla
A	Disminuye la capacidad	1	Desgaste en la coraza	Alta RPM y el mineral no es triturado, ademas el ajuste de setting se encuentra al maximo y a punto de topar el manto con la coraza.
		2	Corte de seguro de brazo de ajuste	Brazo de ajuste suelto, sonido anomalo en el manto, mineral no es procesado a granulometria correcta y al realizar prueba con plomo indica una lectura mayor.
		3	Eje principal roto o dañado	Alta RPM y en ocasiones pueden generarse chispas debido al golpe coraza-manto, se presenta un sonido de golpeteo.
B	No tritura material	1	Sobrecorriente en el motor	Sobrecalentamiento del motor, se detiene el equipo, se muestra una alerta en la sala de control, se accionan las protecciones del motor, al inspeccionar existe una baja aislación del motor y disminución en las RPM del motor.
		2	Vibración excesiva en el contraeje	Se puede producir un atascamiento, y Baja RPM del manto.
		3	Atascamiento del chancador	Se detiene subitamente, existe un sobrecalentamiento en el motor, al inspeccionar se aprecia visualmente la pieza que no se puede triturar, se genera un derrame en la alimentacion del equipo y deja de descargar material a la cinta transportadora.
C	No traspasa material a la correa	1	Obstrucción de la descarga	Se presentan materiales extraños en el cuerpo del chancador o chute de descarga y se puede generar derrame en la alimentación.
		2	Rotura de chute de descarga	Se presenta derrame de material en la parte inferior del chancador y se pueden evidenciar derrames en la polea conducida de la cinta transportadora.
D	Incapaz de procesar el tonelaje	1	Rotura de chute de alimentación	Se presenta derrame de material en la parte superior del chancador, el equipo en ocasiones se encuentra vacío, se aprecia visualmente.
		2	Desgaste en el manto	El ajuste de setting esta al maximo de su rango, el mineral no es triturado y llevado a la granulometria deseada, se pueden generar roturas en las mallas de los harneros por pasar mineral muy grueso.

Fuente: Elaboración propia en base a Manual de servicio chancador de cono Symons 4 ¼’, 5 ½’ & 7’

Tabla 2-4, Continuación de FMECA modos y efectos de falla

Falla funcional		Modo de falla		Efecto de falla
A	Incapaz de ajustar setting	1	Desgaste de manto y coraza	Alta RPM y el mineral no es triturado, ademas el ajuste de setting se encuentra al maximo y a punto de topar el manto con la coraza
		2	Hilos de tapa de ajuste agripados	Se necesita un esfuerzo excesivo para realizar el movimiento rotatorio, no registrar en ordenes de mantenimiento un engrase de hilos de la tapa de ajuste, en caso de tener sistema de ajuste hidraulico se genera una sobrepresión
		3	Inchancable presente en el chancador	Atascamiento, se detiene subitamente, existe un sobrecalentamiento en el motor, al inspeccionar se aprecia visualmente la pieza que no se puede triturar, se genera un derrame en la alimentacion del equipo, deja de descargar material a la cinta transportadora y los resortes se encuentran comprimidos
A	Eje no se levanta	1	Fuga en el sistema de lubricación	Manchas de lubricante en superficies, la bomba no levanta presión, puede ocurrir un sobrecalentamiento del equipo, bajo nivel de lubricante.
		2	Taquies agripados	El manto no se mueve oscilatoriamente, se pueden ver fragmentos del sello de polvo o contaminación en el lubricante
		3	Bomba de lubricante con bajo rendimiento	Baja presión en el sistema, puede ocurrir un sobrecalentamiento del motor de la bomba, reducción del caudal de salida
B	No se retiene el lubricante	1	Sello de polvo roto	Pueden existir fragmentos del sello en la descarga o se pueden presentar niveles altos de fundición en el lubricante
		2	Socket liner desgastado	Se presentan niveles altos de plomo y bronce al realizar analisis de lubricante

Fuente: Elaboración propia en base a Manual de servicio chancador de cono Symons 4 ¼’, 5 ½’ & 7’

Al analizar la Tabla 2-3 y la Tabla 2-4, se puede apreciar todos los efectos que provocan los modos de falla y qué falla funcional pueden derivar dichos modos de falla, junto con lo anterior se puede saber que función es la que se ve afectada.

Luego de haber identificado los efectos de falla se procedió a calcular el número de prioridad de cada modo de falla para así poder jerarquizarlos, el número de prioridad se calculó usando la siguiente formula.

$$NPR = Severidad \times Ocurrencia \times Detectabilidad$$

Junto con el uso de la formula del número de prioridad se utilizó para asignarle valores a las variables de severidad, ocurrencia y detectabilidad, las tablas entregadas por la norma SAE J1739.

Detección	Criterios: Probabilidad de detección de un modo de falla	Ranking
Casi imposible	No existen controles disponibles para detectar el modo de falla	10
Muy remota	Muy remota probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el modo de falla	9
Remota	Remota probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el modo de falla	8
Muy baja	Muy baja probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el modo de falla	7
Baja	Baja probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el modo de falla	6
Moderada	Moderada probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el modo de falla	5
Moderadamente alta	Moderadamente alta probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el modo de falla	4
Alta	Alta probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el modo de falla	3
Muy alta	Muy alta probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el modo de falla	2
Casi cierta	Los actuales controles son casi certeros para detectar el modo de falla. Detección confiable	1

Figura 2-5, Criterio de probabilidad de detección de fallas

Fuente: Norma SAE J1739

En la Figura 2-5, se puede observar los criterios que utiliza la norma para otorgarle un ranking a la detectabilidad de la falla.

Probabilidad de falla	Posible tasa de falla	Ranking
Muy alta: La falla es casi inevitable	≥ 1 en 2	10
	1 en 3	9
Alta: Generalmente asociadas a procesos similares o procesos previos, que presentan fallas con frecuencia	1 en 8	8
	1 en 20	7
Moderada: Generalmente asociadas a procesos similares o procesos previos que experimentan fallas ocasionales, pero no en mayores proporciones	1 en 80	6
	1 en 400	5
	1 en 2.000	4
Bajas: Fallas aisladas asociadas con procesos similares	1 en 15.000	3
Muy baja: Solo fallas aisladas asociadas con procesos casi idénticos	1 en 150.000	2
Remota: La falla es poco probable. No se repiten las fallas de procesos casi idénticos	≤ 1 en 1.500.000	1

Figura 2-6, Criterio probabilidad de tasa de falla

Fuente: Norma SAE J1739

En la Figura 2-6, se muestran los criterios sugeridos por la normativa para la clasificación de la ocurrencia en base a la posible tasa de falla.

Efecto	Criterio: Severidad del efecto	Ranking
Peligro sin advertencia	Pone en peligro la seguridad del operario. Muy alto ranking de severidad, cuando el modo de falla afecta la seguridad operativa y/o envuelve el no cumplimiento de regulaciones gubernamentales. La falla no se advierte al ocurrir.	10
Peligro con advertencia	Pone en peligro la seguridad del operario. Muy alto ranking de severidad, cuando el modo de falla afecta la seguridad operativa y/o envuelve el no cumplimiento de regulaciones gubernamentales. La falla se advierte al ocurrir.	9
Muy alto	Perturbación grave a la línea productiva. Las perdidas pueden alcanzar el 100% del producto. Equipo inoperable, pérdida de la función primaria. Cliente muy insatisfecho.	8
Alto	Perturbación menor en la línea productiva. La producción puede tener que ser ordenada y una parte desechada (menor al 100%) . Equipo operable, pero con un nivel de calidad reducido. Cliente insatisfecho.	7
Moderado	Perturbación menor en la línea productiva. Una porción (menor al 100%) puede tener que ser desechada (no ordenada) . Equipo operable, pero con algunos ítems de confort con un nivel de calidad reducido. El cliente experimenta algo de insatisfacción.	6
Bajo	Perturbación menor en la línea productiva. 100% del producto tiene que ser adaptado. Equipo operable, pero con algunos ítems de confort con un nivel de calidad reducido. El cliente experimenta algo de insatisfacción.	5
Muy bajo	Perturbación menor en la línea productiva. El producto puede ser ordenado y una porción (menor al 100%) adaptado. Ajustes y terminaciones y sonido en el ítem no están en conformidad. Defecto notado por la mayoria de los clientes.	4
Menor	Perturbación menor en la línea productiva. Una parte (menor al 100%) puede ser modificada en línea, pero fuera de la estación. Se presentan desajustes y chirridos que no estan en conformidad. Defecto notado por el promedio de los clientes.	3
Muy menor	Perturbación menor en la línea productiva. Una parte (menor al 100%) puede ser modificada en línea, pero fuera de la estación. Se presentan desajustes y pequeñas vibraciones en el ítem que no estan en conformidad. Defecto notado por la minoría de los clientes.	2
Ninguno	Sin efectos.	1

Figura 2-7, Criterio de severidad de falla

Fuente: Norma SAE J1739

En la Figura 2-7, se muestran los criterios utilizados para otorgarle un ranking a la severidad del modo de falla del equipo.

Al aplicar los criterios otorgados por la norma junto con la formula del número de prioridad a los modos de falla resulta en las siguientes tablas.

Tabla 2-5, Numero de prioridad de riesgo

Falla funcional		Modo de falla		Severidad	Ocurrencia	Detectabilidad	NPR
A	Disminuye la capacidad	1	Desgaste en la coraza	5	6	2	60
		2	Corte de seguro de brazo de ajuste	7	7	6	294
		3	Eje principal roto o dañado	8	5	5	200
B	No tritura material	1	Sobrecorriente en el motor	7	3	3	63
		2	Vibración excesiva en el contraeje	4	4	3	48
		3	Atascamiento del chancador	8	4	2	64
C	No traspasa material a la correa	1	Obstrucción de la descarga	3	5	3	45
		2	Rotura de chute de descarga	3	6	4	72
D	Incapaz de procesar el tonelaje	1	Rotura de chute de alimentación	3	6	4	72
		2	Desgaste en el manto	8	5	3	120

Fuente: Elaboración propia basada en norma SAE j1739

En la Tabla 2-5, se puede apreciar los valores de severidad, ocurrencia y detectabilidad otorgados a cada modo de falla de la función disminución de granulometría en base a la información otorgada por la empresa, además de su número de prioridad resultante de la aplicación de la formula.

Tabla 2-6, Continuación de numero de prioridad de riesgo

Falla funcional		Modo de falla		Severidad	Ocurrencia	Detectabilidad	NPR
A	Incapaz de ajustar setting	1	Desgaste de manto y coraza	8	5	3	120
		2	Hilos de tapa de ajuste agripados	8	6	6	288
		3	Inchancable presente en el chancador	9	5	5	225

Fuente: Elaboración propia basada en norma SAE j1739

En la Tabla 2-6, se puede apreciar los valores de severidad, ocurrencia y detectabilidad otorgados a cada modo de falla de la función ajustar dependiendo del desgaste, junto con los resultados de la aplicación de la fórmula de numero de prioridad.

Tabla 2-7, Continuación de numero de prioridad de riesgo

Falla funcional		Modo de falla		Severidad	Ocurrencia	Detectabilidad	NPR
A	Eje no se levanta	1	Fuga en el sistema de lubricación	6	6	2	72
		2	Taquies agripados	8	7	7	392
		3	Bomba de lubricante con bajo rendimiento	7	3	2	42
B	No se retiene el lubricante	1	Sello de polvo roto	8	7	7	392
		2	Socket liner desgastado	8	4	8	256

Fuente: Elaboración propia basada en norma SAE j1739

En la Tabla 2-7, se puede apreciar los valores de severidad, ocurrencia y detectabilidad otorgados a cada modo de falla de la función levantar el manto sobre película de lubricante, junto con los resultados de la aplicación de la fórmula de numero de prioridad.

2.3.HOJA DE INFORMACIÓN RCM

La hoja de información RCM o planilla de decisión RCM, es una herramienta que permite visualizar tanto las fallas funcionales, modos y efectos de falla, para lograr proponer tareas que den solución a esta problemática, enfocándose en dar respuesta a las siguientes preguntas:

- ¿Qué tareas de mantenimiento se a ejecutar, con qué frecuencia se harán y quien las realizara?
- ¿Qué fallas son lo suficientemente graves como para necesitar realizar un rediseño?
- ¿Qué acciones fueron realizadas que desencadenaron una falla?

Teniendo claro el objetivo de la hoja de información RCM, se analiza la información del punto 2.2, comparándola con el Grafico 10.1 Diagrama de decisión RCM del Capítulo 10, del libro Mantenimiento centrado en la confiabilidad, Segunda Edición, del autor John Moubray. Dicho diagrama se expone en el Anexo 7, en donde cada modo de falla, debe ser analizado por separado realizando las preguntas y avanzando según corresponda, posterior a eso las respuestas se registran con una Y en caso de ser afirmativa, o una N en caso de ser negativa. Terminadas las preguntas del modo de falla se analiza el final que tubo este, para generar una tarea que, de solución al mismo, considerando el tiempo y el responsable de ejecutar dichas tareas.

La hoja de información RCM realizada tiene un total de 13 columnas, las cuales se subdividen y se completa con las preguntas antes mencionadas.

2.3.1. Hoja de información Subsistema Manto y Coraza.

Las primeras tres columnas representadas en la hoja de información con las letras F para función, FF para falla funcional y MF para modo de falla, se refieren a la información recopilada en el punto 2.2, siendo esta clasificada con letras y números según su orden, para lograr la simplificación y acotación de la hoja de información. Las siguientes columnas designadas con las letras H, S, E, O y N se utilizan para completar las respuestas a las preguntas que se refieren a las consecuencias de cada modo de falla. Además, como se dijo en el punto 1.3.1 del Capítulo 1, esta vez fue considerado el impacto ambiental, como el impacto a nivel de seguridad, ya que se realizan preguntas tanto en la columna "S", correspondiente a la seguridad, como en la columna "E" que corresponde al impacto ambiental, esto se realiza para cada modo de falla, pudiendo así si la respuesta fuese positiva, llevar a un rediseño del equipo. Luego se pasa a las tareas proactivas, que generan un cambio al modo de falla o un mejoramiento, corresponden al segundo nivel de preguntas del Diagrama de decisión RCM, y son respondidas en las columnas encabezadas "H1", "H2", "H3", etc. Dependiendo de la respuesta es la actividad que se realizara y con qué urgencia. Las siguientes columnas corresponden a las acciones de default, nos indica si debe existir una tarea de mantenimiento inmediata, o un rediseño, en caso de estar comprometido el impacto ambiental, la seguridad, o si el equipo se encuentra en condiciones de un overhaul, en caso de ser necesario responder a cualquiera de las preguntas de default, se deben responder en las columnas H4, S4 o H5. Finalmente, las últimas tres columnas registran la tarea que ha sido seleccionada para dar solución al modo de falla, la frecuencia con que se realizara esto expresado como intervalo inicial y quien ha sido o será el responsable de cumplir dicha tarea. Además, en la columna "tarea propuesta" se utilizó para registrar los casos donde se requiere el rediseño, una corrección más inmediata, o bien que se decida que el modo de falla no necesita mantenimiento programado o se espere que ocurra la falla. Habiendo desarrollado todas las preguntas a los modos de fallo, y llenado la planilla según corresponda, especificando las tareas y responsables, resulta en la Tabla 2-8, en donde se expone toda la información

Tabla 2-8, Hoja de información RCM, para subsistema de manto-coraza, chancador Symons 4 ¼ ft SH

			Sistema: Chancador Symons 4 1/4 ft											
			Sub-Sistema: Manto y Coraza											
Referencia de información			Consecuencia de evaluación				H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	Acción de default			Tarea propuesta	Frecuencia inicial	Puede ser realizada por
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4			
1	A	1	N				S						Inspección de la coraza, registro de ajustes de setting realizados, para identificar el momento limite de su vida util, inspección de RPM de la polea conducida.	Semanalmente	Mantenedor
1	A	2	S	N	N	S	S						Inspección del ajuste, sistema de monitereo continuo de vibración en puntos criticos, fabricación de brazo de ajuste y pasador de material resistente al corte, evaluación de sistema de ajuste hidráulico o mecánico.	Diaria	Mecánico y mantenedor sintomático
1	A	3	S	N	N	S	N	S					Evaluación de implementación de sistema de monitoreo continuo de vibraciones nivel 1 que arroje niveles de alarma RMS, medición de RPM en la cabeza del chancador, inspección visual.	Diario	Mantenedor sintomático y planificador
1	B	1	S	N	N	S	S						Inspección del cableado del motor, inspección a la aislación del motor, inspección de los contactores del motor.	Semanalmente	Electrico
1	B	2	S	N	N	S	S						Medición de vibraciones en puntos criticos, inspección visual a las RPM del manto, revisión de las RPM del motor.	Diario	Mantenedor sintomático
1	B	3	S	S			S						Modificación del sistema de deteccion de inchancables, mejoramiento de electroiman, evaluación de sistema hidráulico para la eliminación de inchancables.	Diario	Mecánico
1	C	1	N				N	S					Generar limpieza del chute de descarga al ocurrir el evento según corresponda	Cada 15 dias	Operador
1	C	2	S	N	N	S	S						Inspección y parchado de chute, evaluar cambio de revestimiento para una mayor durabilidad.	Diario	Soldador mecánico
1	D	1	S	N	N	S	S						Inspección y parchado de chute, evaluar cambio de revestimiento para una mayor durabilidad.	Diario	Soldador mecánico
1	D	2	N				S						Realizar inspección visual, realizar cambio según el MTBF del modo de falla, realizar mediciones.	Cada 15 dias	Operador y mantenedor
2	A	1	N				S						Inspección de la coraza, registro de ajustes de setting realizados, para identificar el momento limite de su vida util, inspección de RPM de la polea conducida.	Semanalmente	Mantenedor
2	A	2	N				N	S					Abrir el chancador una vez a la para un re engrase de los hilos de la tapa de ajuste, inspección visual a los resortes por parte de los operadores, en caso de ya ocurrir la falla, soltar el brazo de ajuste y dar partida al equipo durante 10 a 20 segundos o mas si es que la pieza no se suelta.	Semanalmente	Mantenedor y mecánico
2	A	3	S	S			S						Modificación del sistema de deteccion de inchancables, mejoramiento de electroiman, evaluación de sistema hidráulico para la eliminación de inchancables.	Diario	Mecánico
3	A	1	S	N	S		S						Inspeccion de linea de lubricación, revisión del nivel de lubricante, verificación de la presión del sistema.	Diario	Mantenedor o mecánico
3	A	2	N				N	S					Abrir el chancador, levantar el manto, inspeccionar que el sello de polvo tenga el movimiento oscilatorio adecuado, cambiar taquies si se requiere.	Cada 15 dias	Mantenedor mecánico
3	A	3	S	N	N	S	S						Inspeccion diaria a manometros de la bomba, tener bomba en stand by por si se requiere cambio, realizar mantenimiento correctivo a la bomba.	Diario	Operador y mantenedor
3	B	1	N				S						Realizar limpieza en descarga del chancador, realizar un microfiltrado y limpieza de la malla del estanque, montar sello de polvo nuevo y taquies.	Cada 15 dias	Operador y mantenedor
3	B	2	N				N	S					Realizar analisis de lubricante, al abrir el chancador verificar que se encuentre en buen estado, revisión del desgaste del socket liner que el rebaje sea el indicado.	Cada 15 dias	Mantenedor sintomático

Fuente: Elaboración propia en base a Manual de servicio chancador de cono Symons 4 ¼’.

CAPÍTULO 3: EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA.

3. EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA

3.1. EVALUACIÓN TÉCNICA

El objetivo al realizar la evaluación técnica fue lograr identificar que herramientas, insumos, personal y tareas a realizar se deben tener presentes al momento de ejecutar el mantenimiento del chancador Symons 4 ¼ ft, para así al momento de realizar la evaluación económica poder apoyarse en el plan de mantenimiento y tener cuantificado realmente cuanto costara realizar dicho plan, para esto se utilizara la estructura de planificación de mantenimiento utilizada en industrias del rubro forestal.

3.1.1. Mantenimiento actual

El plan de mantenimiento preventivo del equipo solamente contempla el mantenimiento a largo plazo, en cambio las tareas a corto plazo no están definidas y se realizan en forma correctiva, lo que provoca paradas no programadas y perdidas de producción como se muestra en la Figura 3-1.

H109 | 24592

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
57	S16-2020	10012201	814397	MT02	PUMT2001	10707	AJUSTE CHANCADOR TERCIARIO 4' 1/4 SH	45.252	45.252	CTEC NOTI IMPR KKMP NLIQ PREC		PROG	CHANCAD
58	S16-2020	10012094	814318	MT02	PUMT2001	10707	AJUSTE SETTING CHANCADOR SYMONS 41/4	30.168	30.168	CTEC NOTI IMPR KKMP NLIQ PREC		PROG	CHANCAD
59	S16-2020	10012096	814320	MT02	PUMT2001	10707	REPARACION CHUTE CHANCADOR N°3 A CT2	7.542	7.542	CTEC NOTI IMPR KKMP NLIQ PREC		PROG	CHANCAD
70	S15-2020	10012135	814338	MT02	PUMT2001	10707	AJUSTE SETTING CHANCADOR TERCIARIO 41/4	45.252	45.252	CTEC NOTI IMPR KKMP NLIQ PREC		PROG	CHANCAD
71	S14-2019	10011710	813928	MT02	PUMT2001	10707	AJUSTE CHANCADOR TERCIARIO SYM 4 1/4 SH	30.168	30.168	CTEC NOTI IMPR KKMP NLIQ PREC		PROG	CHANCAD
72	S14-2020	10011820	814040	MT02	PUMT2001	10707	AJUSTE DE SETTING CHANCADOR N°3 4 1/4	30.168	30.168	CTEC NOTI IMPR KKMP NLIQ PREC		PROG	CHANCAD
73	S14-2020	10011630	813846	MT02	PUMT2001	10707	REMPLAZO DE CORREAS EN CHANCADOR 41/4	136.800	136.802	CTEC NOTI IMPP MACO MOVM NLIQ PREC		PROG	CHANCAD
74	S12-2020	10011184	813397	MT02	PUMT2001	10707	Ajjuste Chancador 3° - Sym 4 1/4	37.710	79.111	CTEC NOTI IMPR KKMP NLIQ PREC		PROG	CHANCAD
75	S11-2020	10011193	813407	MT02	PUMT2001	10707	CAMBIO CORREA TRANSMISION CHANCADOR TERC	109.182	109.183	CTEC NOTI IMPR FENA MOVM NLIQ PREC		PROG	CHANCAD
76	S12-2020	10011180	813431	MT02	PUMT2001	10707	REPARAR TAPA BOWL CHANCADOR 4 1/4	60.336	126.577	CTEC NOTI IMPR KKMP NLIQ PREC		PROG	CHANCAD
77	S13-2020	10011506	813729	MT02	PUMT2001	10707	AJUSTE CHANCADOR SYMONS 4 1/4.	15.084	15.084	CTEC NOTI IMPR KKMP NLIQ PREC			CHANCAD
78	S14-2019	10011547	813762	MT02	PUMT2001	10707	AJUSTE SETTING CHANCADOR N°3 4 1/4 SH	30.168	63.289	CTEC NOTI IMPR KKMP NLIQ PREC		PROG	CHANCAD
79	S13-2020	10011329	813550	MT02	PUMT2001	10707	MEDICIÓN Y/O AJUSTE CHANCADOR TERCIARIO	15.084	31.644	CTEC NOTI IMPR FENA KKMP NLIQ PREC		PROG	CHANCAD
80	S12-2020	10011263	813476	MT02	PUMT2001	10707	AJUSTE CHANCADOR TERCIARIO 4 1/4 FT.	15.084	15.084	CTEC NOTI IMPR KKMP NLIQ PREC			CHANCAD
81	S10-2020	10010730	812933	MT02	PUMT2001	10707	AJUSTE CHANCADOR TERCIARIO 41/4 Ft	30.168	63.289	CTEC NOTI IMPR KKMP NLIQ PREC		PROG	CHANCAD
82	S09-2020	10010064	812340	MT02	PUMT2001	10707	REPARACION DE CHANCADOR TERCIARIO 4 1/4	15.084	13.360	CTEC NOTI IMPR KKMP NLIQ PREC		PROG	CHANCAD
83	S07-2020	10009294	811585	MT02	PUMT2001	10707	AJUSTE DE SETTING CHANCADOR 4 1/4	30.168	26.719	CTEC NOTI IMPR KKMP NLIQ PREC		PROG	CHANCAD
84	S08-2020	10009891	812163	MT02	PUMT2001	10707	AJUSTE DE SETTING CHANCADOR Nº3	15.084	13.360	CTEC NOTI IMPR MOVM NLIQ PREC		PROG	CHANCAD
85	S08-2020	10009875	812153	MT02	PUMT2001	10707	AJUSTE DE SETTING CHANCADOR Nº3	22.626	20.040	CTEC NOTI IMPR KKMP NLIQ PREC			CHANCAD
86	S07-2020	10009828	812101	MT02	PUMT2001	10707	AJUSTE DE SETTING CHANCADOR 41/4 SH	22.626	20.040	CTEC NOTI KKMP NLIQ PREC		PROG	CHANCAD
87	S07-2020	10009866	812144	MT02	PUMT2001	10707	AJUSTE DE SETTING CHANCADOR Nº3	15.084	13.360	CTEC NOTI IMPR KKMP NLIQ PREC		PROG	CHANCAD
88	S07-2020	10009409	811684	MT02	PUMT2001	10707	AJUSTE DE SETTING CHANCADOR Nº3	30.168	26.719	CTEC NOTI IMPR KKMP NLIQ PREC		PROG	CHANCAD
89	S07-2020	10009291	811572	MT02	PUMT2001	10707	REEMPLAZO DE CORREAS DE CHANCADOR 41/4	112.560	109.112	CTEC NOTI IMPR MACO MOVM NLIQ PREC		PROG	CHANCAD
90	S06-2020	10009849	812123	MT02	PUMT2001	10707	AJUSTE DE SETTING CHANCADOR Nº3	30.168	26.719	CTEC NOTI KKMP NLIQ PREC		PROG	CHANCAD
91	S06-2020	10009220	811508	MT02	PUMT2001	10707	AJUSTE DE SETTING CHANCADOR 41/4 SH	30.168	26.719	CTEC NOTI IMPR KKMP NLIQ PREC		PROG	CHANCAD
92	S06-2020	10009143	811453	MT02	PUMT2001	10707	REEMPLAZO TAQUISY RESORTES CHANCADOR Nº3	4.033.116	4.002.505	CTEC NOTI IMPR MACO MOVM NLIQ PREC		PROG	CHANCAD
93	S06-2020	10009082	811392	MT02	PUMT2001	10707	LUBRICACION DE CHANCADOR 4 1/4.	46.511	41.338	CTEC NOTI IMPR MACO MOVM NLIQ PREC		PROG	CHANCAD
94	S04-2020	10008834	811154	MT02	PUMT2001	10707	AJUSTE SETTING CHANCADOR TERCIARIO.	29.784	33.125	CTEC NOTI IMPR KKMP NLIQ PREC		PROG	CHANCAD
95	S04-2020	10008640	810960	MT02	PUMT2001	10707	AJUSTE DE SETTING chancador 41/4	29.784	33.125	CTEC NOTI IMPR FCAP KKMP NLIQ PREC		PROG	CHANCAD
96	S03-2020	10008620	810937	MT02	PUMT2001	10707	INSPECCION DE SYMONS 4 1/4.	22.338	24.843	CTEC NOTI IMPR KKMP NLIQ PREC		PROG	CHANCAD
97	S45-2019	10005997	808282	MT02	PUMT2001	10707	LIMPIEZAS DE HILOS CHANCADOR SYMONS 41/4	110.664	119.943	CTEC NOTI IMPR FCAP KKMP NLIQ PREC		PROG	CHANCAD

Hoja1

Figura 3-1, Avisos de avería correspondientes a Chancador Symons 4 ¼ ft SH
Fuente: CEMIN Holding minero, Pullalli

Dicha planificación contempla el cambio de corazas y conjunto de poste-manto, taquies, resortes y sello de polvo cada tres meses, además se realiza cambio de socket liner cada tres cambios de coraza, es decir, cada nueve meses. En el sistema de lubricación se realiza un cambio de aceite cada 2000 horas de operación del equipo.

Todo esto constituye una falta de tareas preventivas a corto plazo que para efectos de este trabajo se propondrán tareas preventivas que den respuestas a esta problemática para que sea un refuerzo al plan de mantenimiento actual del equipo, con el fin de reducir los paros de producción por mantenimiento correctivo, y disminuir parámetros como el MTTR y aumentar el MTBF.

3.1.2. Tareas propuestas

Debido a lo presentado en el punto 3.1.1 al momento de realizar el plan de mantenimiento se decidió realizar un plan de mantenimiento a corto plazo, esto es producto de que actualmente la empresa cuenta con un plan de mantenimiento a largo plazo por lo que se planteó la mejora de los planes diarios, semanales y quincenales que se deben realizar en el equipo.

3.1.3. Conceptos de seguridad en el trabajo

Antes de ordenar y planificar las tareas seleccionadas para la creación de las pautas de trabajo, se debe tomar en cuenta el contexto en el que se realizaran las operaciones, siendo este el rubro minero, uno de los cuales se caracteriza por tener los estándares más rigurosos en materia de seguridad a nivel nacional.

Por esto, debido a las competencias que son necesarias del personal, las cuales se indicadas en las pautas de trabajo, es necesario identificar los peligros, riesgos y medidas de control asociadas a las labores de cada competencia, para así llegar a una evaluación general que se detallara a continuación, aunque se indicara en las pautas de trabajo anexadas todas las instrucciones de seguridad de estas.

a) Peligros:

Una vez analizadas las competencias y las tareas seleccionadas los principales peligros identificados fueron; trabajos de soldadura, carga suspendida, maniobras con gancho de grúa, trabajos en maquina herramientas, presencia de lubricante en el piso, trabajo sobre 1,5 metros, piso irregular por derrames de material, trabajo en equipo energizado, trabajo con herramientas manuales y de golpe, presencia de polución por polvo, alto nivel de ruido, entre otros que se indicaran en las pautas de trabajo.

b) Riesgos:

Asociados a los peligros siempre están presentes los riesgos, los cuales siempre existe la probabilidad de que ocurran, en esta ocasión los principales riesgos identificados

son; quemaduras, daño ocular por arco de soldadura, atrapamiento, ser golpeado por gancho grúa, ser cortado por herramienta, caída a distinto nivel o al mismo nivel, electrocución, hipoacusia, silicosis, entre otros que se darán solución en las pautas de trabajo.

c) Medidas de control:

Para disminuir la probabilidad de que los riesgos se conviertan en incidentes o en enfermedades laborales, es necesario establecer medidas de control, para esto se identifican las principales medidas las cuales son; uso de EPP acorde a la tarea, alejarse si no se participa en tareas de soldadura, bloqueo del equipo o área en donde se trabajara, mantenerse alejado de las operaciones de la grúa, mantener una comunicación eficaz entre el rigger y el operador de grúa, utilizar arnés de seguridad en caso de estar a más de 1,5 metros de altura, generar una limpieza previa del área de trabajo, entre otras medidas expuestas en las pautas de trabajo.

3.2. PAUTAS DE TRABAJO Y CHECK LIST DE ENTREGA

Para lograr un trabajo exitoso y evitar la pérdida de producción por tiempo utilizado de mala manera en el mantenimiento de un equipo, se debe planificar la actividad, además de realizar una revisión antes de entregar a los operadores o encargados de producción.

Esto se realizó mediante la creación de tres pautas de trabajo que responden a un mantenimiento preventivo a corto plazo, que se centran en inspecciones y en donde se busca realizar un gran número de actividades en un tiempo reducido, esto ya que se basan en una revisión rápida y evitar pérdidas de tiempo en caso de presentarse un mantenimiento correctivo no programado.

Las pautas de trabajo se basan en 29 preguntas que buscan que los encargados de planificar la actividad se cuestionen y discutan las maneras de realizarlo para llegar así a una planificación eficaz, así como lograr una calidad y seguridad para los trabajadores.

3.2.1. Planificación diaria

Tal como se dijo anteriormente, se buscó planificar actividades de mantenimiento a corto plazo, ya que una de las mayores problemáticas era que al realizar tareas de mantenimiento programadas, ocurrían imprevistos que podrían evitarse con las tareas como las propuestas en este trabajo.

Para esto una de las pautas de trabajo se basa en una planificación diaria, la cual se realizó mediante el análisis de las Tabla 2 8, Tabla 2 9 y Tabla 2 10 del Capítulo 2, en donde se extrajeron las siguientes tareas.

- Inspección de alimentación y descarga.
- Inspección y limpieza exterior sistema de lubricación.
- Inspección estado de brazo de ajuste y pasador.
- Inspección RPM polea motriz y conducida.
- Medición de setting de ajuste.

Esta pauta de trabajo se expone detalladamente en el Anexo 1, en donde se desarrollan las preguntas del punto 3.2.

Planificación Mantención Chancador terciario

10707–Chancador Symons 4 ¼ ft SH

1. ¿Qué trabajo se requiere realizar?

1.1 Inspección de alimentación y descarga.
1.2 Inspección y limpieza exterior sistema de lubricación.
1.3 Inspección estado de brazo de ajuste y pasador.
1.4 Inspección RPM polea motriz y conducida.
1.5 Medición de setting de ajuste.

2. ¿Porque se debe realizar?

2.1 Mantención Preventiva Diaria.

3. ¿Cuáles son las recomendaciones de Vendors o Especialistas para esta actividad? ¿Se consideraron en el alcance del trabajo?

3.1 Inspección de soltura de tapa de ajuste.
3.2 Inspeccionar nivel, presión y temperatura del lubricante.
3.3 Inspeccionar y limpiar descarga del chancador.

Figura 3-2, Planificación diaria mantención de chancador terciario

Fuente: Elaboración propia basada en Planificación Mantención de equipo.

3.2.2. Planificación semanal

Debido al alto número de tareas propuestas semanalmente en las Tabla 2 8, Tabla 2 9 y Tabla 2 10, se creó de igual manera la pauta de trabajo semanal, la cual busca dejar el equipo en las mejores condiciones para operar los fines de semana en donde el personal de mantenimiento se ve disminuido. Estas tareas son las siguientes:

- Inspección Desgaste de manto y coraza
- Reengrase hilos tapa de ajuste de chancador
- Cambio malla elementos solidos estanque de lubricación.
- Medición de vibraciones (valores de alarma).
- Ajuste de setting.
- Inspección visual RPM cabeza de chancador.

Esta pauta de trabajo se expone detalladamente en el Anexo 2, en donde se desarrollan las preguntas del punto 3.2.

Planificación Mantención Chancador terciario

10707– Chancador Symons 4 ¼ ft SH

1. ¿Qué trabajo se requiere realizar?

1.1 Inspección Desgaste de manto y coraza
1.2 Reengrase hilos tapa de ajuste de chancador
1.3 Cambio malla elementos solidos estanque de lubricación.
1.4 Medición de vibraciones (valores de alarma).
1.5 Ajuste de setting.
1.6 Inspección visual RPM cabeza de chancador.

2. ¿Porque se debe realizar?

2.1 Mantención Preventiva Semanal.

3. ¿Cuáles son las recomendaciones de Vendors o Especialistas para esta actividad? ¿Se consideraron en el alcance del trabajo?

3.1 Inspección fugas de lubricante.
3.2 Inspeccionar desgaste de manto y coraza.
3.3 Engrase de hilos de tapa de ajuste.
3.4 Revisar malla de elementos solidos

Figura 3-3, Planificación semanal mantención de chancador terciario

Fuente: Elaboración propia basada en Planificación Mantención de equipo.

3.2.3. Planificación quincenal

Finalmente se tomó la decisión de crear una pauta de trabajo quincenal, en donde se mezclan tareas de mantenimiento de deben realizarse cada quince días, con las que deben realizarse semanalmente, no olvidando que paralelamente se recomienda realizar el mantenimiento programado diario.

Esta planificación se considera la más completa y recomendada de realizar, aunque es la que conlleva el mayor número de horas hombre e insumos, en donde se contemplan las siguientes tareas:

- Toma de muestra de lubricante para realizar análisis.
- Inspección Desgaste de manto
- Inspección sello de polvo.
- Inspección de Socket linner
- Cambio de Taquies.
- Inspección descarga de chancador.
- Reengrase hilos tapa de ajuste de chancador.
- Cambio malla elementos solidos estanque de lubricación.
- Realizar micro filtrado a lubricante.
- Ajuste de setting.
- Medición de vibraciones.
- Inspección RPM polea conducida (Chancador).
- Inspección visual RPM cabeza de chancador.

Esta pauta de trabajo se expone detalladamente en el Anexo 3, en donde se desarrollan las preguntas del punto 3.2.

Planificación Mantención Chancador terciario

10707 – Chancador Symons 4 ¼ ft SH

1. ¿Qué trabajo se requiere realizar?

1.1 Toma de muestra de lubricante para realizar análisis.
1.2 Inspección Desgaste de manto
1.3 Inspección sello de polvo.
1.4 Inspección de Socket liner
1.5 Cambio de Taquies.
1.6 Inspección descarga de chancador.
1.7 Reengrase hilos tapa de ajuste de chancador.
1.8 Cambio malla elementos solidos estanque de lubricación.
1.9 Realizar micro filtrado a lubricante.
1.10 Ajuste de setting.
1.11 Medición de vibraciones.
1.12 Inspección RPM polea conducida
1.13 Inspección visual RPM cabeza de chancador.

2. ¿Porque se debe realizar?

2.1 Mantención Preventiva Quincenal.

3. ¿Cuáles son las recomendaciones de Vendors o Especialistas para esta actividad? ¿Se consideraron en el alcance del trabajo?

3.1 Inspección soporte lado libre.
3.2 Cambio aceite reductor.
3.3 Cambio de prensa estopa lado motriz.
3.4 Cambio de Reten de aceite.

Figura 3-4, Planificación quincenal mantención de chancador terciario

Fuente: Elaboración propia basada en Planificación Mantención de equipo.

3.2.4. Check list de entrega

Al momento de recepcionar el equipo para asegurar la correcta aplicación del plan, por parte de producción, se debe llenar un check list de recepción, el cual podrá ser rellenado por los mantenedores, buscando dar respuesta a preguntas simples que podrían detectar irregularidades en el armado del equipo.

Para esto se creó tres check list los cuales serán aplicados a las tres pautas de trabajo antes mencionadas, en donde se puede apreciar la inspección de algunos subsistemas, como el sistema de lubricación, y el subsistema critico de manto y coraza. Estos check list se pueden encontrar en los Anexo 4, Anexo 5 y Anexo 6.

CEMIN - Planta Pullalli

Check List Recepcion: Chancador Symons 4 1/4 ft SH - 10707

Item	Actividad	Si	No
1	Verificar el ajuste del chancador		
2	Verificar que no haya fugas en el sistema de lubricacion		
3	Verificar que el brazo de ajuste no se encuentre flectado		
4	Verificar que la malla de elementos solidos instalada		
5	Verificar que el ajuste del setting		

Figura 3-5, Check list de recepción diario

Fuente: Elaboración propia basada en Planificación Mantención de equipo.

3.3.EVALUACIÓN ECONÓMICA

Una vez realizada la evaluación técnica y desarrolladas las pautas de trabajo, en donde se identificó la cantidad de materiales y recursos humanos que serán necesarios para realizar el plan, se realiza una evaluación económica la cual expondrá el valor inicial que tendrá la aplicación de esta propuesta, indicando todos los gastos que se harán solo una vez, como equipos y herramientas las cuales no son consumibles, esto asociando a un valor promedio que se obtiene mediante el valor de diferentes marcas. Por otro lado, en el ámbito de gastos recurrentes de la propuesta, se identificara el gasto para cada pauta de trabajo, en el ámbito de recursos humanos, en donde se dará una breve reseña de la cantidad de horas hombre identificadas en cada una de las pautas de trabajo, incluyendo las capacidades que se necesitan como se nombró en el punto 3.1.3 , como también insumos, repuestos y cualquier material consumible que este asociado a la actividad, además mencionar la necesidad de incluir un servicio externo, entregando un valor referencial.

Finalmente se entregará el gasto total de la aplicación del plan de mantenimiento a corto plazo, considerando los puntos necesarios para las pautas de trabajo entregando el costo mensual que tendrá.

3.3.1. Gasto inicial de plan de mantenimiento a corto plazo.

Para lograr un plan de mantenimiento eficaz, es recomendado utilizar herramientas, equipos y maquinaria en buenas condiciones, y de la mejor calidad. Para esto se recomienda realizar una compra inicial de elementos nuevos, los cuales serán utilizados no solo en el equipo analizado, sino que, en cualquier punto de la planta, dando así calidad a los trabajos realizados, sin dejar de lado la seguridad que entrega a los trabajadores, realizar labores con herramientas nuevas.

Si la empresa cuenta con alguno de estos equipos o herramientas que se encuentre en buenas condiciones a criterio de los trabajadores y de un especialista en prevención de riesgo, puede hacer uso de este para disminuir el gasto inicial del mantenimiento, aunque como se dijo anteriormente se recomienda la compra de herramientas nuevas.

Estos gastos iniciales se presentan en Tabla 3-1 y Tabla 3-2, en donde se aprecia la cantidad necesaria, tanto como el precio, y el total de la compra. Cabe destacar que en dicha tabla se consideró un precio promedio, para así lograr la selección de un equipo que entregue una buena calidad a un buen precio.

Tabla 3-1, Tabla de costo de equipos

Equipos	Cantidad	Costo	Total
Máquina de soldar (Soldadura al Arco, 220v).	1	$ 623.990	$ 623.990
Equipo oxicorte	1	$ 200.000	$ 200.000
Galletera de 4 ½”	1	$ 79.990	$ 79.990
Tacómetro laser	1	$ 30.000	$ 30.000
Equipo medición de vibraciones	1	$ 180.000	$ 180.000
Equipo de micro filtrado	1	$ 3.800.000	$ 3.800.000
Prensa hidraulica 12 TON	1	$ 180.000	$ 180.000
Valor total de los equipos	$		5.093.980

Fuente: Elaboración propia basa en datos referenciales entregados por CEMIN Holding minero

Tabla 3-2, tabla de costo de herramientas

Herramientas	Cantidad	Costo	Total
Llaves Punta Corona 19 (mm)	4	$ 3.500	$ 14.000
Llaves Punta Corona 14 (mm)	2	$ 3.200	$ 6.400
Soplador	1	$ 80.000	$ 80.000
Martillo mecánico	2	$ 6.300	$ 12.600
Pala	2	$ 12.000	$ 24.000
Carretilla	1	$ 35.000	$ 35.000
Pie de metro	1	$ 60.000	$ 60.000
Llaves Punta Corona 24 (mm)	4	$ 8.600	$ 34.400
Grillete (1")	5	$ 6.825	$ 34.125
Maza 16 (lb)	1	$ 53.440	$ 53.440
Maza 6 (lb)	2	$ 23.660	$ 47.320
Barretilla (1 m)	2	$ 5.000	$ 10.000
Tecle (2 TON)	1	$ 199.990	$ 199.990
Pulpo de izaje	1	$ 320.000	$ 320.000
Flexometro	1	$ 10.660	$ 10.660
Llave de golpe 24 (mm)	2	$ 34.500	$ 69.000
Oreja de izaje	2	$ 5.000	$ 10.000
Extractor de taquies	1	$ 2.000	$ 2.000
Tecle 10 TON	1	$ 344.960	$ 344.960
Bomba de vacio manual	1	$ 15.000	$ 15.000
Plantilla socket linner	1	$ 10.000	$ 10.000
Valor total	$		1.392.895

Fuente: Elaboración propia basa en datos referenciales entregados por CEMIN Holding minero

3.3.2. Gastos recurrentes en aplicación de plan de mantenimiento.

Ya realizados los gastos iniciales, y teniendo todos los equipos, herramientas y maquinaria necesaria, se debe presentan los gastos recurrentes en el mantenimiento, los cuales difieren entre una pauta de trabajo a otra, ya que se realizan en días distintos o bien paralelamente.

Para esto se presenta en la Tabla 3-3 los gastos asociados al mantenimiento diario propuesto, en donde se observan todos los materiales e insumos consumibles que no pueden ser reutilizados. Si bien los materiales se consideran no reutilizables, podrían presentarse excedentes como en cualquier labor, siendo estos ocupados para cualquier otra tarea que deba realizarse durante la jornada.

Tabla 3-3, Costos de insumos diarios

Insumos	Cantidad	Costo	Total
Bolsa Con Paños (10 Kg)	2	$ 5.990	$ 11.980
Cinta Reflectante	1	$ 3.000	$ 3.000
Alambre Acerado (1 m)	2	$ 500	$ 1.000
Plomo (Kg)	1	$ 3.500	$ 3.500
Electrodo 7018 1/8 (1 Kg)	5	$ 2.400	$ 12.000
Aceite SAE 220 (19 lts)	3	$ 74.000	$ 222.000
Disco de corte 4 ½”	5	$ 1.900	$ 9.500
Disco de desbaste 4 ½”	1	$ 2.690	$ 2.690
Solvente (5 Lt)	2	$ 26.990	$ 53.980
Total	$		319.650

Fuente: Elaboración propia basa en datos referenciales entregados por CEMIN Holding minero

Igualmente, en la planificación semanal de mantenimiento, existen gastos recurrentes, que se presentan cada vez que se realice la actividad, pero que, en este caso evitaran que existan imprevistos en paradas programadas que puedan alargar los tiempos de mantenimiento.

Estos gastos se reflejan en la Tabla 3-4, que presenta de igual manera el gasto en la contratación de un servicio de grúa, el cual es necesario ya que la empresa no cuenta con una grúa operativa.

Tabla 3-4, Costos de insumos semanales y servicio de grúa

Insumos	Cantidad	Costo	Total
Bolsa Con Paños (10 Kg)	2	$ 5.990	$ 11.980
Solvente (5 lt)	2	$ 26.990	$ 53.980
Alambre Acerado (1 m)	2	$ 500	$ 1.000
Plomo (Kg)	1	$ 3.500	$ 3.500
Grasa (15 kg)	1	$ 50.000	$ 50.000
Servicio	Costo		
Grua 10 TON	$		800.000
Total	$		920.460

Fuente: Elaboración propia basa en datos referenciales entregados por CEMIN Holding minero

De igual manera, en la planificación quincenal de mantenimiento, se presentan los mayores gastos, ya que se combinan tareas planificadas semanalmente, con las quincenales, esto para evitar que se pida un mismo material dos veces y exista un excedente.

En la Tabla 3-5 se puede observar el listado de insumos, repuestos, entre otros gastos asociados a el mantenimiento quincenal, los cuales podrían aminorarse no se debiera contratar una empresa externa para algún servicio, por ejemplo, el de grúa, el cual presenta una problemática que debe ser analizada, ya que conlleva mayores tiempos de mantenimiento en caso de que en el trayecto a la faena la grúa falle.

Tabla 3-5, Costos de insumos y servicios de mantenimiento quincenal

Insumos	Cantidad	Costo	Total
Bolsa Con Paños (10 Kg)	2	$ 5.990	$ 11.980
Solvente (5 lt)	2	$ 26.990	$ 53.980
Grasa (15 kg)	1	$ 50.000	$ 50.000
Aceite SAE 220 (19 lt)	1	$ 74.000	$ 74.000
Cinta reflectante	1	$ 3.000	$ 3.000
Alambre acerado (1 m)	2	$ 500	$ 1.000
Plomo (Kg)	1	$ 3.500	$ 3.500
Electrodo 7018 1/8 (1 Kg)	3	$ 2.400	$ 7.200
Disco de desbaste 4 1/2"	1	$ 2.690	$ 2.690
Bolsas de basura (5 unidades)	1	$ 5.000	$ 5.000
Taquies y resortes	1	$ 234.083	$ 234.083
Recipiente para muestreo (10 unidades)	1	$ 1.170	$ 1.170
Servicio	Costo		
Grua 10 TON	$ 800.000		
Analisis de aceite	$ 307.616		
Total	$ 1.555.219		

Fuente: Elaboración propia basa en datos referenciales entregados por CEMIN Holding minero

Finalmente, se presenta en la siguiente Tabla 3-6 los valores de horas hombre que se requieren en cada planificación ya sea diaria, semanal y quincenal. Cabe destacar que son valores aproximados debido a que se tomó en cuenta solo el sueldo base de los mecánicos, esto debido a que la empresa posee bonos por producción a los trabajadores los cuales varían de mes a mes.

Tabla 3-6, Costo de hora hombre por mantenimiento

	N° Trabajadores	Horas	Valor hora	Total
Diario	2	2,5	$ 5.417	$ 27.083
Semanal	4	4	$ 5.417	$ 86.667
Quincenal	4	6	$ 5.417	$ 130.000

Fuente: Elaboración propia basa en datos referenciales entregados por CEMIN Holding minero

3.3.3. Evaluación final de propuesta de plan de mantenimiento

Una vez desarrollada la evaluación técnica y económica de la propuesta se consideró la sumatoria de los gastos que se realizaran en un mes de aplicación en donde se consideran dos periodos de mantenimiento quincenal, dos periodos de mantenimiento semanal, esto debido a que como se dijo anteriormente el mantenimiento quincenal abarca el mantenimiento quincenal para la optimización de recursos, y finalmente se consideró 24 periodos de mantenimiento diario ya que este es absorbido tanto por el quincenal como el semanal. A continuación, se muestra una Tabla 3-7 con el gasto total de mantenimiento que podría tener la propuesta mensualmente.

Tabla 3-7, Costos totales de mantenimiento desde el primer y segundo mes

Recurrente	Valor en CLP	Periodos	Gasto total
Diario	$ 319.650	24	$7.671.600
Semanal	$ 920.460	2	$1.840.920
Quincenal	$ 1.555.219	2	$3.110.438
Total	$		12.622.958
Gasto inicial	$		1.392.895
Gasto total primer mes	$		14.015.853

Fuente: Elaboración propia basa en datos referenciales entregados por CEMIN Holding minero

Al calcular la perdida de producción mensual del equipo estimando el valor de una tonelada de mineral de oro en proceso de chancado con un valor de $30 USD o $23052 CLP aproximado, resulta en Tabla 3-8, la cual nos permite comparar que las perdidas por mantenimiento no programado son mayores que el gasto en la propuesta de plan de mantenimiento a corto plazo, ya que al solo tomar un modo de falla el gasto supera hasta el gasto inicial de la propuesta.

Tabla 3-8, Costos por mantenimiento no programados

Soltura de manto y coraza						
Repuestos		Valor	Insumos por mantenimiento correctivo	Costo	HH en CLP(8hx5P)	GRUA
Necesariamente deben ser cambiados	Taquies	$ 234.083	Grasa	$50.000	$ 216.660	$800.000
	Sello de polvo	$ 1.000.000	Aceite	$74.000		
	Poste y porta manto	$ 10.000.000	Solvente	$53.980		
Pueden encontrarse en	Corazas y manto	$ 5.000.000	Bolsa con paños	$11.980		
	Socket linner	$ 3.000.000				
Total no menos de		$ 11.234.083				
Total repuestos		$ 19.234.083				
Total mantenimiento correctivo no menos de		$ 12.440.703				
Perdida de producción TON mensuales		271				
valor de tonelada de mineral procesada en chancado aprox		$ 23.058				
Valor mensual por perdida		$ 6.248.718				
Total de perdida por mantenimiento no menos de		$ 18.689.421				

Fuente: Elaboración propia basa en datos referenciales entregados por CEMIN Holding minero

Una vez analizada la Tabla 3-8 se puede realizar la comparación con la Tabla 3-7, en donde resulta en una diferencia en el primer mes de $4.673.568 CLP a favor de la propuesta, al partir del segundo mes la diferencia aumenta a $6.066.463 CLP. Cabe destacar que solo se está analizando un modo de fallo por lo que esta diferencia podría aumentar dependiendo de las condiciones de operación o la disponibilidad de una grúa al no estar programado el mantenimiento.

CONCLUSIÓN

Al finalizar la evaluación de la propuesta de plan de mantenimiento se cumplieron los objetivos planteados, ya que, en una primera instancia se logro recopilar toda la información técnica sobre el proceso productivo, y utilizando herramientas aprendidas durante el estudio de la carrera se seleccionó un equipo crítico, junto a su subsistema más predominante, esto considerando las frecuencias de falla y consecuencias permitiendo cuantificarla en la matriz de riesgo.

También se cumplió el objetivo de identificar y jerarquizar los modos de falla del subsistema del equipo seleccionado, al utilizar un FMECA para llegar a seleccionar las tareas correctas para un adecuado mantenimiento del equipo en función a las condiciones actuales que este presenta.

Por otra parte, con la ayuda de la jerarquización se identificó un total de siete fallas funcionales las cuales se utilizaron para elaborar una cantidad aproximada de dieciocho tareas de mantenimiento las que permitió elaborar pautas de trabajo con todo lo que conlleva la propuesta, esto para lograr una evaluación económico eficaz que permita visualizar fácilmente la viabilidad de la propuesta.

Debido a los procedimientos seguidos para la realización de la evaluación tanto técnica como económica se llega a la conclusión que el objetivo principal de este trabajo fue cumplido, esto debido a que, se utilizó herramientas de gestión de mantenimiento apoyándose del manual del equipo seleccionado, las cuales fueron utilizadas para proponer una mejora al plan de mantenimiento el que al ser evaluado resulto ser factible para la empresa tanto en el ámbito técnico como en el económico.

Aun así, si la empresa decide implementar parcialmente la propuesta seguiría poseyendo beneficios económicos al anteponerse a las fallas no programadas. Para disminuir aún más los gastos de mantenimiento se recomienda la adquisición de una grúa que posea las especificaciones necesarias para realizar el trabajo, con el fin de eliminar el costo fijo por contratación de servicio, aunque el gasto inicial se vea considerablemente aumentado, a largo plazo el beneficio de poseer esta maquinaria es mayor ya que no solo da respuesta al plan de mantenimiento sino que sirve para cualquier operación donde sea necesario el izaje de elementos y componentes dentro de la planta.

Otro aspecto a considerar para la aplicación del plan de mantenimiento es que existe un equipo con las mismas especificaciones (chancador Symons 4 ft STD) al cual se propuso el plan, esto genera que la propuesta pueda ser homologada trayendo beneficios no solo en el equipo seleccionado, sino que también con sus pares.

BIBLIOGRAFÍA

Metso Minerals. (2001). Manual de servicio Chancador de cono Symons 4 ¼’, 5 ½’ & 7’. Milwaukee, USA: Metso Minerals

Moubray, J. (2004). Mantenimiento centrado en la confiabilidad (Segunda edición). Gran Bretaña: Industrial Press Inc.

SAE. (2009). SAE J1739: Modos de fallo potencial y efectos de análisis en diseño. Warrendale, USA: SAE International.

Yáñez, M. Gómez de la Vega, H. Valbuena, G. (2003). Ingeniería de Confiabilidad y Análisis Probabilístico de Riesgo

ANEXO 1

Planificación Mantención Diaria Chancador terciario

10707–Chancador Symons 4 ¼ ft SH

1. ¿Qué trabajo se requiere realizar?

1.1 Inspección de alimentación y descarga.
1.2 Inspección y limpieza exterior sistema de lubricación.
1.3 Inspección estado de brazo de ajuste y pasador.
1.4 Inspección RPM polea motriz y conducida.
1.5 Medición de setting de ajuste.

2. ¿Porque se debe realizar?

2.1 Mantención Preventiva Diaria.

3. ¿Cuáles son las recomendaciones de Vendors o Especialistas para esta actividad? ¿Se consideraron en el alcance del trabajo?

3.1 Inspección de soltura de tapa de ajuste.
3.2 Inspeccionar nivel, presión y temperatura del lubricante.
3.3 Inspeccionar y limpiar descarga del chancador.

4. ¿Como se debe realizar el trabajo?

4.1 Descargar línea de chancado.
4.2 Bloqueo Área de chancado.
4.3 Realizar prueba de energía cero.
4.4 Limpieza de pasillo área de chancado.

----------inspección de alimentación y descarga----------

4.5 Acceder por piso inferior a la correa transportadora 2.
4.6 Retirar tuercas de tapa de chute de descarga e ingresar.
4.7 Realizar inspección visual a las planchas de acero.
4.8 Limpiar elementos extraños que se encuentren. (cuerdas, alambres, paños, etc.)
4.9 Instalar tapa de ajuste y tuercas de esta.
4.10 Acceder a piso superior.
4.11 Inspeccionar estado de la descarga del harnero primario.

----------inspección y limpieza exterior sistema de lubricación----------

4.12 Acceder al piso inferior.
4.13 Inspeccionar si existen fugas en la línea y evidencia de lubricante en el piso.
4.14 Realizar limpieza de ventiladores disipadores de calor.
4.15 Realizar limpieza exterior línea de lubricación. (Bomba y estanque)
4.16 Revisar nivel de aceite de reductor de bomba de aceite.
4.17 Retirar pernos tapa de estanque de lubricación y retirar tapa.
4.18 Inspeccionar el nivel de lubricante.
4.19 Instalar la tapa de estanque y pernos.
4.20 Realizar limpieza de piso hasta retirar toda la arena.

----------Inspección estado de brazo de ajuste y pasador----------

4.21 Acceder a piso superior.
4.22 Inspeccionar que el brazo de ajuste este en su lugar y no se encuentre flectado.
4.23 Inspeccionar que el pasador del brazo de ajuste se encuentre con su seguro y en su lugar.

----------Inspección RPM de poleas----------

4.24 Instalar cinta reflectante en polea de motor y de chancador.

4.25 Desbloquear área de chancado.
4.26 Dar partida al sistema de lubricación y esperar 1 minuto
4.27 Dar partida a chancador 4 ¼ ft.
4.28 Con tacómetro de laser medir RPM de las poleas.

----------Medición setting de ajuste----------

4.29 Bajar pasillo plegable de la parte superior del chancador.
4.30 Introducir el plomo y realizar movimiento alrededor del manto y la coraza.
4.31 Retirar plomo.
4.32 Medir con pie de metro cuanto se comprimió.
4.33 Detener el equipo.
4.34 Detener sistema de lubricación.

----------Entrega a producción----------

4.35 Limpieza de zona de trabajo.
4.36 Avisar a jefe de turno de operaciones.

5. ¿Cuál es la secuencia correcta de las actividades asociadas al trabajo?

5.1 Descarga de la línea de chancado
5.2 Bloqueo eléctrico de área
5.3 Inspección de alimentación y descarga.
5.4 Inspección y limpieza exterior sistema de lubricación.
5.5 Inspección estado de brazo de ajuste y pasador.
5.6 Inspección RPM polea motriz y conducida.
5.7 Medición de setting de ajuste.
5.8 Limpieza del área de trabajo.
5.9 Entrega a producción.

6. Que errores o fallas se han cometido en mantenciones anteriores en este equipo, ¿cuáles y como se evitaran?

6.1 No se realizó limpieza previa al trabajo, quedando restos de material que podrían causar un accidente, se evitaran dando aviso a jefe de turno operaciones para que asigne personal para limpieza.

7. ¿Qué trabajos previos se deben realizar?

7.1 Preparar plomo para medición de setting
7.2 Preparar equipo de medición de vibraciones.
7.3 Avisar a jefe turno operaciones para realizar limpieza.
7.4 Cargar batería de tacómetro y retirar cinta reflectante de bodega.

8. ¿Cuándo se debe realizar?

8.1 Diariamente.

9. El inicio de este trabajo depende del término o entrega de otras actividades, ¿cuáles?

9.1 Depende del término del turno de operaciones nocturno.

10. ¿El término de este trabajo afecta el inicio de otro trabajo?

10.1 Partida de área de chancado.

11. ¿Existen otros trabajos paralelos que deben realizarse en este equipo?

11.1 No.

12. ¿Qué repuestos se necesitan?

- Bolsa Con Paños 2(c/u)
- Cinta Reflectante 1 (c/u)
- Alambre Acerado 2(m)
- Plomo 1(kg)
- Soldadura 7018 1/8 5 (Kg)
- Aceite SAE 220 50 (Lt)
- Disco de corte 4 ½” 5 (c/u)
- Disco de desbaste 4 ½” 1 (c/u)

13. ¿Qué herramientas se necesitan?

- Llaves Punta Corona 19 y 14 (mm) 2 (c/u)
- Soplador 1 (c/u)
- Martillo mecánico 2 (c/u)
- Pala 2 (c/u)
- Carretilla 1 (c/u)
- Tacómetro laser 1 (c/u)
- Equipo de oxicorte 1 (c/u)
- Soldadora 1 (c/u)
- Pie de metro 1 (c/u)
- Esmeril angular 4 ½” 1 (c/u)

14. ¿Qué equipos se necesitan?

- Máquina de soldar (Soldadura al Arco, 220v).
- Equipo oxicorte
- Galletera de 4 ½”
- Tacómetro
- Prensa hidráulica

15. ¿Indique (seleccione) que competencias técnicas requiere el trabajo?

.1 Hidráulica
.2 Lubricación X
.3 Mecánica X
.4 Refractarios
.5 Soldadura X
.6 Calderería
.7 Maquinas Herramientas X
.8 Rodamientos
.9 Sellos Mecánicos
.10 Empaquetaduras flanges
.11 Empaquetaduras prensaestopas
.12 Grúa
.13 Maniobras > 0,5 ton
.14 Cambio cadenas arrastre
.15 Cambio cadenas transmisión
.16 Cambio correas transmisión
.17 Desmontaje/montaje equipos mecánicos
.18 Aislación

16. ¿Qué servicios se requieren contratar?

.1 Ninguno

17. ¿Quien o quienes realizaran el trabajo?

.1 Departamento de Mantenimiento : Faena Pullalli CEMIN.

18. ¿Como asegura Ud. que las personas que ejecutarán el trabajo, sabrán cómo realizar el trabajo?

.1 Formularios de Planificación, pautas de Trabajo, Check List.
.2 Analizar planificación de trabajo junto personal de mantenimiento.

19. ¿Cuál es el tiempo disponible para realizar el trabajo?

.1 Tiempo Disponible:
- Inicio : Diariamente, 8:30 hrs.
- Termino : 11:00 Hrs.
- Días : 0
- Horas : 2,5 Hrs.
- Turnos : 1

20. ¿En qué horario se realizará el trabajo?

.1 Horario Administrativo.

21. ¿Estimación de recursos necesarios para realizar el trabajo?

.1 Servicio de Mantención Chancador Symons 4 ¼ ft : 2 Mecánicos + 1 supervisor.

22. ¿Como se Recepcionará el trabajo?

.1 Inspección mecánica del chancador : Check List Recepción Equipo
.2 Medición de setting de ajuste : Check List Recepción Equipo

23. ¿Qué pruebas se realizarán?

.1 Verificación de ajuste setting con plomo.

24. ¿Quien o quienes realizaran las pruebas?

.1 Medición de ajuste setting : Mecánicos

25. ¿Realice un análisis de riesgo de esta actividad (what if)?

.1 Qué pasa si se encuentran roturas en chute de descarga del chancador y de harnero primario:
- Instalar parche con plancha de acero.
- Reparar con soldadura.

.2 Qué pasa si hay bajo nivel de lubricante:
- Rellenar estanque hasta llegar a nivel indicado
- Avisar a jefe de mantenimiento.

.3 Qué pasa si el nivel de aceite del reductor de la bomba es bajo:
- Rellenar con lubricante hasta nivel deseado.

.4 Qué pasa si el brazo de ajuste esta flectado:
- Retirar y llevar a prensa para enderezar
- Mantener un brazo de ajuste de repuesto en caso de no tener reparación

.5 Qué pasa si el pasador está cortado:
- Fabricar un pasador en torno con su seguro.
- Mantener en stock.

.6 Qué pasa si las RPM de las poleas son muy altas:
- Inspeccionar tensado de las correas de transmisión.
- Avisar a eléctrico para que inspeccione motor.

.7 Qué pasa si el ajuste no se encuentra en el rango indicado:
- Realizar ajuste de setting.
- Volver a realizar medición.

26. ¿Cuáles son los documentos que aseguran la calidad del trabajo?

.1 Pauta de Trabajo.
.2 Check list de Recepción.

27. Instrucciones de Seguridad

.1 Antes de iniciar todo tipo de trabajos se debe bloquear el(los) motor eléctrico asociados al trabajo.
.2 Antes de iniciar los trabajos, solicite autorización de intervención en el equipo al supervisor asignado para este trabajo.
.3 Antes de iniciar el trabajo confirme con el personal de operación de turno, que el equipo ha sido vaciado.
.4 Antes de iniciar el trabajo, delimite el área de trabajo para evitar que personas ajenas a la actividad pueda resultar lesionadas.
.5 Antes de iniciar el trabajo infórmese, a través del supervisor, el material que procesa el equipo a intervenir ha sido vaciado correctamente.
.6 Antes de iniciar el trabajo infórmese, a través del supervisor, de posibilidad de emanación de gases tóxicos al destapar o retirar componentes del equipo a intervenir.
.7 Antes de iniciar el trabajo, verifique que el nivel de polución por polvo ha bajado a la vista, aun así, es obligatorio el uso de protección respiratoria.
.8 Antes de iniciar el trabajo identifique las duchas de emergencias más cercanas.
.9 Si realiza trabajos en altura, restringa al área inferior para evitar caída de objetos sobre personas.
.10 Verifique que no se realizan trabajos en nivéleles superiores a su área de trabajo, podrían caer objetos sobre personas.
.11 Si en trabajos que se realizan en el contorno o rodean a su lugar de trabajo, y que correspondan a soldaduras y/o proyección de partículas, detenga su actividad hasta que en conjunto con el supervisor se asegure que ninguna persona de su organización resultara afectada por las actividades descritas.
.12 Antes de iniciar las maniobras de desmontaje de la unidad de rotación, componentes del equipo, estudie, planifique y capacite al personal que realizara esta actividad.
.13 Asegure que en maniobras de equipos o componentes que por su geometría podría rodar están bajo su control, evitando que por movimientos relacionados con la geometría del componente pudiera atrapar, presionar y/o lesionar a su personal.
.14 Asegúrese que en maniobras que involucran 2 o más personas, estén bien coordinados los movimientos, para asegurar que la acción, movimiento o maniobra de uno de ellos pueda afectar o lesionar a los demás.
.15 Antes de iniciar las maniobras de desmontaje de la unidad de rotación, componentes del equipo, solicite el peso de los elementos a izar.
.16 Asegure que las actividades con macetas, uso de cinceles, o similares están bajo control, que las herramientas están en buenas condiciones, instale protecciones adecuadas para evitar la proyección de partículas metálicas o esquirlas y que el personal está capacitado en su uso.
.17 Asegure que, durante maniobras de movimiento de cargas suspendidas, ninguna persona estará bajo la carga suspendida.
.18 Asegure que, exista una comunicación directa entre el rigger y operador de grúa, ya sea por radio o por señas, para ello el supervisor debe asegurarse que el rigger este calificado para realizar dichas maniobras.
.19 Asegúrese que, solo el rigger se comunique con el operador de grúa, esto para evitar daños al personal.
.20 Verifique siempre que, en niveles superiores a su lugar de trabajo, no se estén realizando actividades, podría haber derrames o caída de fluidos tóxicos, calientes que podrían quemar o afectar a su personal, comuníquese con el supervisor asociado al trabajo para asegurar que lo indicado no ocurra.
.21 Verifique siempre que su personal no levante cargas ni realizara acciones de fuerza inadecuadas que podrían provocar daños o malestar.

.22 Antes de iniciar las maniobras de desmontaje de la unidad de rotación, u otros componentes del equipo, verifique o compruebe que los elementos de maniobra son los adecuados para la carga a Izar y están en buen estado.
.23 Tenga precaución, el equipo o sus componentes pueden tener aristas vivas o superficies cortantes, el personal que participara en el trabajo debe utilizar guantes de cabretilla.
.24 Al destapar flanges, tapas de inspección, etc., tenga precaución, pueden existir líquidos contenidos al interior del equipo.
.25 Trabajos en andamios sobre 1,5 mts. requieren uso de arnés de seguridad.
.26 Todas las superficies de tránsito de personas, grating, escalas, etc., deben estar siempre libre de lubricantes o restos de grasas.
.27 Capacite a su personal sobre la operación y riesgos de llaves neumática, equipos hidráulicos y esmeriles angulares si aplican a su trabajo.
.28 No escale o trepe por el equipo, utilice solo plataformas y andamios habilitados para la Mantención.
.29 No está permitido manipular (abrir o cerrar) ningún tipo de válvulas.
.30 Mantenga siempre el área de trabajo limpia, aceite, grasa, pasta, etc., causan superficies resbaladizas y pueden provocar accidentes.
.31 Al finalizar el trabajo se debe retirar todos los bloqueos.

28. Referencias:

.1 Manual de servicio chancador de cono Symons 4 ¼’, 5 ½’ y 7’: 10707

29. Fotografía:

ANEXO 2

Planificación Mantención Semanal Chancador terciario

10707– Chancador Symons 4 ¼ ft SH

30. ¿Qué trabajo se requiere realizar?

11.2 Inspección Desgaste de manto y coraza
11.3 Reengrase hilos tapa de ajuste de chancador
11.4 Cambio malla elementos solidos estanque de lubricación.
11.5 Medición de vibraciones (valores de alarma).
11.6 Ajuste de setting.
11.7 Inspección visual RPM cabeza de chancador.

31. ¿Porque se debe realizar?

12.1 Mantención Preventiva Semanal.

32. ¿Cuáles son las recomendaciones de Vendors o Especialistas para esta actividad? ¿Se consideraron en el alcance del trabajo?

5.1 Inspección fugas de lubricante.
5.2 Inspeccionar desgaste de manto y coraza.
5.3 Engrase de hilos de tapa de ajuste.
5.4 Revisar malla de elementos solidos

33. ¿Como se debe realizar el trabajo?

14.1 Descargar la línea de chancado.
14.2 Bloqueo Área de chancado.
14.3 Realizar prueba de energía cero.
14.4 Limpieza completa de pasillo por operaciones.
----------inspección desgaste manto y coraza----------
-
14.5 Quitar pernos plato repartidor
14.6 Retirar plato repartidor
14.7 Quitar pasador de brazo de ajuste
14.8 Retirar cuñas de seguridad de pernos de tapa de ajuste.
14.9 Soltar los pernos de tapa de ajuste.
14.10 Dejar tres cuñas instaladas para que se levante todo el conjunto.
14.11 Soltar la tapa de ajuste.
14.12 Instalar grilletes en la tapa de ajuste.
14.13 Ingresar gancho de grúa
14.14 Instalar pulpo a los grilletes
14.15 Retirar tapa de ajuste.
14.16 Inspeccionar visualmente el desgaste.
14.17 Realizar medición en bisel del manto.
----------Reengrase de hilos tapa de ajuste----------
14.18 Realizar limpieza de grasa contaminada con solvente en tapa de ajuste.
14.19 Engrasar hilos tapa de ajuste una vez retirada.
14.20 Realizar limpieza de grasa contaminada con solvente en cuerpo de chancador.
14.21 Engrasar hilos cuerpo del chancador luego de inspeccionar el manto.
14.22 Instalar tapa de ajuste en cuerpo de chancador
14.23 Retirar pulpo de levante.
14.24 Retirar pluma del área.
14.25 Apretar tapa de ajuste a criterio de mecánicos.
14.26 Montar plato repartidor
14.27 Instalar pernos plato repartidor
14.28 Apretar pernos de tapa de ajuste.
14.29 Instalar cuñas de seguridad y apretar con maso.

14.30 Instalar brazo de ajuste y pasador

----------Cambio malla de elementos solidos sistema de lubricación----
----

14.31 Acceder al piso inferior.
14.32 Inspeccionar si existen fugas en la línea y evidencia de lubricante en el piso.
14.33 Realizar limpieza de ventiladores disipadores de calor.
14.34 Realizar limpieza exterior línea de lubricación. (Bomba y estanque)
14.35 Retirar pernos tapa de estanque de lubricación y retirar tapa.
14.36 Inspeccionar el nivel de lubricante.
14.37 Retirar malla de elementos sólidos.
14.38 Instalar malla de elementos solidos nueva.
14.39 Montar tapa estanque de lubricación.
14.40 Instalar pernos de tapa de estanque.

----------Medición de vibraciones----------

14.41 Instalar acelerómetro en rodamiento de contra ejes.
14.42 Desbloquear área de chancado.
14.43 Dar partida al sistema de lubricación y esperar 1 minuto.
14.44 Dar partida a chancador 4 ¼ ft.
14.45 Medir vibraciones que se encuentren en valor RMS.
14.46 Detener el equipo.
14.47 Retirar acelerómetro del contra eje.
14.48 Instalar acelerómetro en motor.
14.49 Dar partida a chancador 4 ¼ ft
14.50 Realizar mediciones en todos los puntos del motor, que se encuentren en valor RMS adecuado.
14.51 Retirar Acelerómetro.

----------Ajuste de setting----------

14.52 Bajar pasillo plegable de la parte superior del chancador.
14.53 Introducir el plomo y realizar movimiento alrededor del manto y la coraza.
14.54 Retirar plomo.
14.55 Medir con pie de metro cuanto se comprimió.
14.56 Detener el equipo
14.57 Instalar grillete en algún orificio de ajuste
14.58 Instalar tecle a grillete.
14.59 Calcular cuantos puntos debe moverse en función de la primera medición.
14.60 Realizar movimiento giratorio del chancador hasta llegar al punto calculado.
14.61 Instalar brazo de ajuste y pasador.
14.62 Introducir el plomo y realizar movimiento alrededor del manto y la coraza.
14.63 Retirar plomo.
14.64 Medir con pie de metro cuanto se comprimió.

----------Inspección visual a RPM cabeza de chancador----------

14.65 Subir a pasillo plegable.
14.66 Inspeccionar que el movimiento de la cabeza del chancador sea oscilatorio y con baja RPM.
14.67 Detener el chancador.
14.68 Detener sistema de lubricación.

----------Entrega a producción----------

14.69 Limpieza de zona de trabajo.
14.70 Avisar a jefe de turno de operaciones.

34. ¿Cuál es la secuencia correcta de las actividades asociadas al trabajo?

15.1 Descarga de la línea de chancado
15.2 Bloqueo eléctrico de área
15.3 Retirar la tapa de ajuste
15.4 Inspeccionar el desgaste del manto
15.5 Engrasar los hilos

15.6 Montar tapa de ajuste
15.7 Realizar cambio de malla estanque de lubricante.
15.8 Dar partida a equipo.
15.9 Medir vibraciones en el equipo.
15.10 Ajustar el setting
15.11 Inspeccionar RPM cabeza de chancador.
15.12 Limpieza zona de trabajo.
15.13 Entregar a producción.

35. Que errores o fallas se han cometido en mantenciones anteriores en este equipo, ¿cuáles y como se evitaran?

16.1 No se realizó engrase de hilos, lo que causo un agripamiento de estos y mayor tiempo de mantenimiento.
16.2 No había plomo preparado para realizar medición de setting, se provoca pérdida de tiempo en ir a taller a preparar.

36. ¿Qué trabajos previos se deben realizar?

17.1 Retirar insumos de bodega.
17.2 Cargar ruta a equipo de vibraciones.
17.3 Preparar el plomo para medir setting.
17.4 Preparar la malla de elementos solidos que se cambiara.

37. ¿Cuándo se debe realizar?

18.1 Semanalmente

38. El inicio de este trabajo depende del término o entrega de otras actividades, ¿cuáles?

19.1 Depende de termino de turno nocturno.

39. ¿El término de este trabajo afecta el inicio de otro trabajo?

20.1 Inicio de producción en área de chancado.

40. ¿Existen otros trabajos paralelos que deben realizarse en este equipo?

21.1 Mantenimiento preventivo diario.

41. ¿Qué repuestos se necesitan?

- Bolsa Con Paños 2(c/u)
- Alambre Acerado 2(m)
- Plomo 1(kg)
- Solvente 20 (Lt)
- Grasa 10 (kg)
- Aceite SAE 220 10 (Lt)

42. ¿Qué herramientas se necesitan?

- Llaves Punta Corona 19 y 24 (mm) 4 (c/u)
- Pala 1 (c/u)
- Carretilla 2 (c/u)
- Grillete 1” 5 (c/u)
- Maso 16 (lb) 1 (c/u)
- Maso 6 (lb) 2 (c/u)
- Barretilla 1 (m) 2 (c/u)

- Tecle 2 (TON) 1 (c/u)
- Pulpo de izaje 1 (c/u)
- Flexómetro 1 (c/u)
- Pie de metro 1 (c/u)
- Llave de golpe 24 (mm) 2 (c/u)

43. ¿Qué equipos se necesitan?

- Equipo oxicorte.
- Equipo medición de vibraciones.

44. ¿Indique (seleccione) que competencias técnicas requiere el trabajo?

37.1 Hidráulica
37.2 Lubricación X
37.3 Mecánica X
37.4 Refractarios
37.5 Soldadura
37.6 Calderería
37.7 Maquinas Herramientas
37.8 Rodamientos
37.9 Sellos Mecánicos
37.10 Empaquetaduras flanges
37.11 Empaquetaduras prensaestopas
37.12 Grúa X
37.13 Maniobras > 0,5 ton X
37.14 Cambio cadenas arrastre
37.15 Cambio cadenas transmisión
37.16 Cambio correas transmisión
37.17 Desmontaje/montaje equipos mecánicos X
37.18 Aislación

45. ¿Qué servicios se requieren contratar?

38.1 Servicio de grúa 10 TON

17. ¿Quien o quienes realizaran el trabajo?

17.1. Departamento de Mantenimiento : Faena Pullalli CEMIN.

18. ¿Como asegura Ud. que las personas que ejecutarán el trabajo, sabrán cómo realizar el trabajo?

18.1. Entregando a EESS, formularios de Planificación, pautas de Trabajo, Check List.
18.2. Analizar planificación de trabajo junto a EESS.

19. ¿Cuál es el tiempo disponible para realizar el trabajo?

19.1. Tiempo Disponible:
19.2. Inicio : jueves de la semana, 8:30 hrs.
19.3. Termino : 12:30 hrs mismo día.
19.4. Días : 0
19.5. Horas : 4
19.6. Turnos : 1

20. ¿En qué horario se realizará el trabajo?

20.1. Horario Administrativo.

21. ¿Estimación de recursos necesarios para realizar el trabajo?

21.1. Servicio de Mantención Chancador Symons 4 ¼ ft :4Mecánicos+1supervisor+1producción.

22. ¿Como se Recepcionará el trabajo?

22.1. Inspección mecánica del chancador : Check List Recepción Equipo
22.2. Medición de setting de ajuste : Check List Recepción Equipo
22.3. Medición de vibraciones : Informe Técnico

23. ¿Qué pruebas se realizarán?

23.1. Medición de vibraciones nivel 1.
23.2. Medición de ajuste de setting.

24. ¿Quien o quienes realizaran las pruebas?

24.1. Medición de vibraciones nivel 1 : Mantenedor sintomático.
24.2. Medición de ajuste de setting : Mecánico

25. ¿Realice un análisis de riesgo de esta actividad (what if)?

25.1. Qué pasa si la tapa de ajuste no se suelta:

- Soltar brazo de ajuste y cuñas de seguridad, dar partida a chancador con tapa sin brazo de ajuste durante 30 segundos, si no se ha soltado, repita la operación.

25.2. Qué pasa si cuña de seguridad no se suelta:

- Cortar con oxicorte.
- Mantener cuñas para su remplazo.

25.3. Qué pasa si el manto tiene un desgaste severo:

- Mantener un conjunto de poste y manto ensamblado para instalar.

25.4. Qué pasa si las vibraciones se encuentran fuera de rango:

- Verificar alineamiento de poleas.
- Si el problema persiste, se debe programar una visita de especialista para un análisis de vibraciones más avanzado.

26. ¿Cuáles son los documentos que aseguran la calidad del trabajo?

26.1. Pauta de Trabajo.
26.2. Check list de Recepción.
26.3. Reporte Alineamiento y Tensión de Poleas-Correas

27. Instrucciones de Seguridad

27.1. Antes de iniciar todo tipo de trabajos se debe bloquear el(los) motor eléctrico asociados al trabajo.
27.2. Antes de iniciar los trabajos, solicite autorización de intervención en el equipo al supervisor asignado para este trabajo.
27.3. Antes de iniciar el trabajo confirme con el personal de operación de turno, que el equipo ha sido vaciado.
27.4. Antes de iniciar el trabajo, delimite el área de trabajo para evitar que personas ajenas a la actividad pueda resultar lesionadas.
27.5. Antes de iniciar el trabajo infórmese, a través del supervisor, el material que procesa el equipo a intervenir ha sido vaciado correctamente.
27.6. Antes de iniciar el trabajo infórmese, a través del supervisor, de posibilidad de emanación de gases tóxicos al destapar o retirar componentes del equipo a intervenir.
27.7. Antes de iniciar el trabajo, verifique que el nivel de polución por polvo ha bajado a la vista, aun así, es obligatorio el uso de protección respiratoria.
27.8. Antes de iniciar el trabajo identifique las duchas de emergencias más cercanas.

27.9. Si realiza trabajos en altura, restringa al área inferior para evitar caída de objetos sobre personas.
27.10. Verifique que no se realizan trabajos en nivéleles superiores a su área de trabajo, podrían caer objetos sobre personas.
27.11. Si en trabajos que se realizan en el contorno o rodean a su lugar de trabajo, y que correspondan a soldaduras y/o proyección de partículas, detenga su actividad hasta que en conjunto con el supervisor se asegure que ninguna persona de su organización resultara afectada por las actividades descritas.
27.12. Antes de iniciar las maniobras de desmontaje de la unidad de rotación, componentes del equipo, estudie, planifique y capacite al personal que realizara esta actividad.
27.13. Asegure que en maniobras de equipos o componentes que por su geometría podría rodar están bajo su control, evitando que por movimientos relacionados con la geometría del componente pudiera atrapar, presionar y/o lesionar a su personal.
27.14. Asegúrese que en maniobras que involucran 2 o más personas, estén bien coordinados los movimientos, para asegurar que la acción, movimiento o maniobra de uno de ellos pueda afectar o lesionar a los demás.
27.15. Antes de iniciar las maniobras de desmontaje de la unidad de rotación, componentes del equipo, solicite el peso de los elementos a izar.
27.16. Asegure que las actividades con macetas, uso de cinceles, o similares están bajo control, que las herramientas están en buenas condiciones, instale protecciones adecuadas para evitar la proyección de partículas metálicas o esquirlas y que el personal está capacitado en su uso.
27.17. Asegure que, durante maniobras de movimiento de cargas suspendidas, ninguna persona estará bajo la carga suspendida.
27.18. Asegure que, exista una comunicación directa entre el rigger y operador de grúa, ya sea por radio o por señas, para ello el supervisor debe asegurarse que el rigger este calificado para realizar dichas maniobras.
27.19. Asegúrese que, solo el rigger se comunique con el operador de grúa, esto para evitar daños al personal.
27.20. Verifique siempre que, en niveles superiores a su lugar de trabajo, no se estén realizando actividades, podría haber derrames o caída de fluidos tóxicos, calientes que podrían quemar o afectar a su personal, comuníquese con el supervisor asociado al trabajo para asegurar que lo indicado no ocurra.
27.21. Verifique siempre que su personal no levante cargas ni realizara acciones de fuerza inadecuadas que podrían provocar daños o malestar.
27.22. Antes de iniciar las maniobras de desmontaje de la unidad de rotación, u otros componentes del equipo, verifique o compruebe que los elementos de maniobra son los adecuados para la carga a Izar y están en buen estado.
27.23. Tenga precaución, el equipo o sus componentes pueden tener aristas vivas o superficies cortantes, el personal que participara en el trabajo debe utilizar guantes de cabretilla.
27.24. Al destapar flanges, tapas de inspección, etc., tenga precaución, pueden existir líquidos contenidos al interior del equipo.
27.25. Trabajos en andamios sobre 1,5 mts. requieren uso de arnés de seguridad.
27.26. Todas las superficies de tránsito de personas, grating, escalas, etc., deben estar siempre libre de lubricantes o restos de grasas.
27.27. Capacite a su personal sobre la operación y riesgos de llaves neumática, equipos hidráulicos y esmeriles angulares si aplican a su trabajo.
27.28. No escale o trepe por el equipo, utilice solo plataformas y andamios habilitados para la mantención.
27.29. No está permitido manipular (abrir o cerrar) ningún tipo de válvulas.
27.30. Mantenga siempre el área de trabajo limpia, aceite, grasa, pasta, etc., causan superficies resbaladizas y pueden provocar accidentes.
27.31. Al finalizar el trabajo se debe retirar todos los bloqueos.

28. Referencias:

28.1. Manual de servicio chancador de cono Symons 4 ¼’, 5 ½’ y 7’: 10707

29. Fotografías:

ANEXO 3

Planificación Mantención Quincenal Chancador terciario

10707– Chancador Symons 4 ¼ ft SH

46. ¿Qué trabajo se requiere realizar?

21.2 Inspección Desgaste de manto y coraza
21.3 Reengrase hilos tapa de ajuste de chancador
21.4 Cambio malla elementos solidos estanque de lubricación.
21.5 Medición de vibraciones (valores de alarma).
21.6 Ajuste de setting.
21.7 Inspección visual RPM cabeza de chancador.

47. ¿Porque se debe realizar?

22.1 Mantención Preventiva Semanal.

48. ¿Cuáles son las recomendaciones de Vendors o Especialistas para esta actividad? ¿Se consideraron en el alcance del trabajo?

7.1 Inspección fugas de lubricante.
7.2 Inspeccionar desgaste de manto y coraza.
7.3 Engrase de hilos de tapa de ajuste.
7.4 Revisar malla de elementos solidos

49. ¿Como se debe realizar el trabajo?

24.1 Descargar la línea de chancado.
24.2 Bloqueo Área de chancado.
24.3 Realizar prueba de energía cero.
24.4 Limpieza completa de pasillo por operaciones.
----------inspección desgaste manto y coraza----------
-
24.5 Quitar pernos plato repartidor
24.6 Retirar plato repartidor
24.7 Quitar pasador de brazo de ajuste
24.8 Retirar cuñas de seguridad de pernos de tapa de ajuste.
24.9 Soltar los pernos de tapa de ajuste.
24.10 Dejar tres cuñas instaladas para que se levante todo el conjunto.
24.11 Soltar la tapa de ajuste.
24.12 Instalar grilletes en la tapa de ajuste.
24.13 Ingresar gancho de grúa
24.14 Instalar pulpo a los grilletes
24.15 Retirar tapa de ajuste.
24.16 Inspeccionar visualmente el desgaste.
24.17 Realizar medición en bisel del manto.
----------Reengrase de hilos tapa de ajuste----------
24.18 Realizar limpieza de grasa contaminada con solvente en tapa de ajuste.
24.19 Engrasar hilos tapa de ajuste una vez retirada.
24.20 Realizar limpieza de grasa contaminada con solvente en cuerpo de chancador.
24.21 Engrasar hilos cuerpo del chancador luego de inspeccionar el manto.
24.22 Instalar tapa de ajuste en cuerpo de chancador
24.23 Retirar pulpo de levante.
24.24 Retirar pluma del área.
24.25 Apretar tapa de ajuste a criterio de mecánicos.
24.26 Montar plato repartidor
24.27 Instalar pernos plato repartidor
24.28 Apretar pernos de tapa de ajuste.
24.29 Instalar cuñas de seguridad y apretar con maso.

24.30 Instalar brazo de ajuste y pasador

----------Cambio malla de elementos solidos sistema de lubricación----
---

24.31 Acceder al piso inferior.
24.32 Inspeccionar si existen fugas en la línea y evidencia de lubricante en el piso.
24.33 Realizar limpieza de ventiladores disipadores de calor.
24.34 Realizar limpieza exterior línea de lubricación. (Bomba y estanque)
24.35 Retirar pernos tapa de estanque de lubricación y retirar tapa.
24.36 Inspeccionar el nivel de lubricante.
24.37 Retirar malla de elementos sólidos.
24.38 Instalar malla de elementos solidos nueva.
24.39 Montar tapa estanque de lubricación.
24.40 Instalar pernos de tapa de estanque.

----------Medición de vibraciones----------

24.41 Instalar acelerómetro en rodamiento de contra ejes.
24.42 Desbloquear área de chancado.
24.43 Dar partida al sistema de lubricación y esperar 1 minuto.
24.44 Dar partida a chancador 4 ¼ ft.
24.45 Medir vibraciones que se encuentren en valor RMS.
24.46 Detener el equipo.
24.47 Retirar acelerómetro del contra eje.
24.48 Instalar acelerómetro en motor.
24.49 Dar partida a chancador 4 ¼ ft
24.50 Realizar mediciones en todos los puntos del motor, que se encuentren en valor RMS adecuado.
24.51 Retirar Acelerómetro.

----------Ajuste de setting----------

24.52 Bajar pasillo plegable de la parte superior del chancador.
24.53 Introducir el plomo y realizar movimiento alrededor del manto y la coraza.
24.54 Retirar plomo.
24.55 Medir con pie de metro cuanto se comprimió.
24.56 Detener el equipo
24.57 Instalar grillete en algún orificio de ajuste
24.58 Instalar tecle a grillete.
24.59 Calcular cuantos puntos debe moverse en función de la primera medición.
24.60 Realizar movimiento giratorio del chancador hasta llegar al punto calculado.
24.61 Instalar brazo de ajuste y pasador.
24.62 Introducir el plomo y realizar movimiento alrededor del manto y la coraza.
24.63 Retirar plomo.
24.64 Medir con pie de metro cuanto se comprimió.

----------Inspección visual a RPM cabeza de chancador----------

24.65 Subir a pasillo plegable.
24.66 Inspeccionar que el movimiento de la cabeza del chancador sea oscilatorio y con baja RPM.
24.67 Detener el chancador.
24.68 Detener sistema de lubricación.

----------Entrega a producción----------

24.69 Limpieza de zona de trabajo.
24.70 Avisar a jefe de turno de operaciones.

50. ¿Cuál es la secuencia correcta de las actividades asociadas al trabajo?

25.1 Descarga de la línea de chancado
25.2 Bloqueo eléctrico de área
25.3 Retirar la tapa de ajuste
25.4 Inspeccionar el desgaste del manto
25.5 Engrasar los hilos

25.6 Montar tapa de ajuste
25.7 Realizar cambio de malla estanque de lubricante.
25.8 Dar partida a equipo.
25.9 Medir vibraciones en el equipo.
25.10 Ajustar el setting
25.11 Inspeccionar RPM cabeza de chancador.
25.12 Limpieza zona de trabajo.
25.13 Entregar a producción.

51. Que errores o fallas se han cometido en mantenciones anteriores en este equipo, ¿cuáles y como se evitaran?

26.1 No se realizó engrase de hilos, lo que causo un agripamiento de estos y mayor tiempo de mantenimiento.
26.2 No había plomo preparado para realizar medición de setting, se provoca pérdida de tiempo en ir a taller a preparar.

52. ¿Qué trabajos previos se deben realizar?

27.1 Retirar insumos de bodega.
27.2 Cargar ruta a equipo de vibraciones.
27.3 Preparar el plomo para medir setting.
27.4 Preparar la malla de elementos solidos que se cambiara.

53. ¿Cuándo se debe realizar?

28.1 Semanalmente

54. El inicio de este trabajo depende del término o entrega de otras actividades, ¿cuáles?

29.1 Depende de termino de turno nocturno.

55. ¿El término de este trabajo afecta el inicio de otro trabajo?

30.1 Inicio de producción en área de chancado.

56. ¿Existen otros trabajos paralelos que deben realizarse en este equipo?

31.1 Mantenimiento preventivo diario.

57. ¿Qué repuestos se necesitan?

- Bolsa Con Paños 2(c/u)
- Alambre Acerado 2(m)
- Plomo 1(kg)
- Solvente 20 (Lt)
- Grasa 10 (kg)
- Aceite SAE 220 10 (Lt)

58. ¿Qué herramientas se necesitan?

- Llaves Punta Corona 19 y 24 (mm) 4 (c/u)
- Pala 1 (c/u)
- Carretilla 2 (c/u)
- Grillete 1” 5 (c/u)
- Maso 16 (lb) 1 (c/u)
- Maso 6 (lb) 2 (c/u)
- Barretilla 1 (m) 2 (c/u)

- Tecle 2 (TON) 1 (c/u)
- Pulpo de izaje 1 (c/u)
- Flexómetro 1 (c/u)
- Pie de metro 1 (c/u)
- Llave de golpe 24 (mm) 2 (c/u)

59. ¿Qué equipos se necesitan?

- Equipo oxicorte.
- Equipo medición de vibraciones.

60. ¿Indique (seleccione) que competencias técnicas requiere el trabajo?

57.1 Hidráulica
57.2 Lubricación X
57.3 Mecánica X
57.4 Refractarios
57.5 Soldadura
57.6 Calderería
57.7 Maquinas Herramientas
57.8 Rodamientos
57.9 Sellos Mecánicos
57.10 Empaquetaduras flanges
57.11 Empaquetaduras prensaestopas
57.12 Grúa X
57.13 Maniobras > 0,5 ton X
57.14 Cambio cadenas arrastre
57.15 Cambio cadenas transmisión
57.16 Cambio correas transmisión
57.17 Desmontaje/montaje equipos mecánicos X
57.18 Aislación

61. ¿Qué servicios se requieren contratar?

58.1 Servicio de grúa 10 TON

18. ¿Quien o quienes realizaran el trabajo?

18.1. Departamento de Mantenimiento : Faena Pullalli CEMIN.

30. ¿Como asegura Ud. que las personas que ejecutarán el trabajo, sabrán cómo realizar el trabajo?

30.1. Entregando a EESS, formularios de Planificación, pautas de Trabajo, Check List.
30.2. Analizar planificación de trabajo junto a EESS.

31. ¿Cuál es el tiempo disponible para realizar el trabajo?

19.7. Tiempo Disponible:
19.8. Inicio : jueves de la semana, 8:30 hrs.
19.9. Termino : 12:30 hrs mismo día.
19.10. Días : 0
19.11. Horas : 4
19.12. Turnos : 1

32. ¿En qué horario se realizará el trabajo?

20.2. Horario Administrativo.

33. ¿Estimación de recursos necesarios para realizar el trabajo?

21.2. Servicio de Mantención Chancador Symons 4 ¼ ft :4Mecánicos+1supervisor+1producción.

34. ¿Como se Recepcionará el trabajo?

22.4. Inspección mecánica del chancador : Check List Recepción Equipo
22.5. Medición de setting de ajuste : Check List Recepción Equipo
22.6. Medición de vibraciones : Informe Técnico

35. ¿Qué pruebas se realizarán?

28.2. Medición de vibraciones nivel 1.
28.3. Medición de ajuste de setting.

36. ¿Quien o quienes realizaran las pruebas?

29.1. Medición de vibraciones nivel 1 : Mantenedor sintomático.
29.2. Medición de ajuste de setting : Mecánico

37. ¿Realice un análisis de riesgo de esta actividad (what if)?

30.1. Qué pasa si la tapa de ajuste no se suelta:

- Soltar brazo de ajuste y cuñas de seguridad, dar partida a chancador con tapa sin brazo de ajuste durante 30 segundos, si no se ha soltado, repita la operación.

30.2. Qué pasa si cuña de seguridad no se suelta:

- Cortar con oxicorte.
- Mantener cuñas para su remplazo.

30.3. Qué pasa si el manto tiene un desgaste severo:

- Mantener un conjunto de poste y manto ensamblado para instalar.

30.4. Qué pasa si las vibraciones se encuentran fuera de rango:

- Verificar alineamiento de poleas.
- Si el problema persiste, se debe programar una visita de especialista para un análisis de vibraciones más avanzado.

38. ¿Cuáles son los documentos que aseguran la calidad del trabajo?

31.1. Pauta de Trabajo.
31.2. Check list de Recepción.
31.3. Reporte Alineamiento y Tensión de Poleas-Correas

39. Instrucciones de Seguridad

32.1. Antes de iniciar todo tipo de trabajos se debe bloquear el(los) motor eléctrico asociados al trabajo.
32.2. Antes de iniciar los trabajos, solicite autorización de intervención en el equipo al supervisor asignado para este trabajo.
32.3. Antes de iniciar el trabajo confirme con el personal de operación de turno, que el equipo ha sido vaciado.
32.4. Antes de iniciar el trabajo, delimite el área de trabajo para evitar que personas ajenas a la actividad pueda resultar lesionadas.
32.5. Antes de iniciar el trabajo infórmese, a través del supervisor, el material que procesa el equipo a intervenir ha sido vaciado correctamente.
32.6. Antes de iniciar el trabajo infórmese, a través del supervisor, de posibilidad de emanación de gases tóxicos al destapar o retirar componentes del equipo a intervenir.
32.7. Antes de iniciar el trabajo, verifique que el nivel de polución por polvo ha bajado a la vista, aun así, es obligatorio el uso de protección respiratoria.
32.8. Antes de iniciar el trabajo identifique las duchas de emergencias más cercanas.

32.9. Si realiza trabajos en altura, restringa al área inferior para evitar caída de objetos sobre personas.
32.10. Verifique que no se realizan trabajos en nivéleles superiores a su área de trabajo, podrían caer objetos sobre personas.
32.11. Si en trabajos que se realizan en el contorno o rodean a su lugar de trabajo, y que correspondan a soldaduras y/o proyección de partículas, detenga su actividad hasta que en conjunto con el supervisor se asegure que ninguna persona de su organización resultara afectada por las actividades descritas.
32.12. Antes de iniciar las maniobras de desmontaje de la unidad de rotación, componentes del equipo, estudie, planifique y capacite al personal que realizara esta actividad.
32.13. Asegure que en maniobras de equipos o componentes que por su geometría podría rodar están bajo su control, evitando que por movimientos relacionados con la geometría del componente pudiera atrapar, presionar y/o lesionar a su personal.
32.14. Asegúrese que en maniobras que involucran 2 o más personas, estén bien coordinados los movimientos, para asegurar que la acción, movimiento o maniobra de uno de ellos pueda afectar o lesionar a los demás.
32.15. Antes de iniciar las maniobras de desmontaje de la unidad de rotación, componentes del equipo, solicite el peso de los elementos a izar.
32.16. Asegure que las actividades con macetas, uso de cinceles, o similares están bajo control, que las herramientas están en buenas condiciones, instale protecciones adecuadas para evitar la proyección de partículas metálicas o esquirlas y que el personal está capacitado en su uso.
32.17. Asegure que, durante maniobras de movimiento de cargas suspendidas, ninguna persona estará bajo la carga suspendida.
32.18. Asegure que, exista una comunicación directa entre el rigger y operador de grúa, ya sea por radio o por señas, para ello el supervisor debe asegurarse que el rigger este calificado para realizar dichas maniobras.
32.19. Asegúrese que, solo el rigger se comunique con el operador de grúa, esto para evitar daños al personal.
32.20. Verifique siempre que, en niveles superiores a su lugar de trabajo, no se estén realizando actividades, podría haber derrames o caída de fluidos tóxicos, calientes que podrían quemar o afectar a su personal, comuníquese con el supervisor asociado al trabajo para asegurar que lo indicado no ocurra.
32.21. Verifique siempre que su personal no levante cargas ni realizara acciones de fuerza inadecuadas que podrían provocar daños o malestar.
32.22. Antes de iniciar las maniobras de desmontaje de la unidad de rotación, u otros componentes del equipo, verifique o compruebe que los elementos de maniobra son los adecuados para la carga a Izar y están en buen estado.
32.23. Tenga precaución, el equipo o sus componentes pueden tener aristas vivas o superficies cortantes, el personal que participara en el trabajo debe utilizar guantes de cabretilla.
32.24. Al destapar flanges, tapas de inspección, etc., tenga precaución, pueden existir líquidos contenidos al interior del equipo.
32.25. Trabajos en andamios sobre 1,5 mts. requieren uso de arnés de seguridad.
32.26. Todas las superficies de tránsito de personas, grating, escalas, etc., deben estar siempre libre de lubricantes o restos de grasas.
32.27. Capacite a su personal sobre la operación y riesgos de llaves neumática, equipos hidráulicos y esmeriles angulares si aplican a su trabajo.
32.28. No escale o trepe por el equipo, utilice solo plataformas y andamios habilitados para la mantención.
32.29. No está permitido manipular (abrir o cerrar) ningún tipo de válvulas.
32.30. Mantenga siempre el área de trabajo limpia, aceite, grasa, pasta, etc., causan superficies resbaladizas y pueden provocar accidentes.
32.31. Al finalizar el trabajo se debe retirar todos los bloqueos.

40. Referencias:

33.1. Manual de servicio chancador de cono Symons 4 ¼’, 5 ½’ y 7’: 10707

41. Fotografías:

ANEXO 4

CEMIN - Planta Pullalli

Check List Diario Recepcion: Chancador Symons 4 1/4 ft SH - 10707

Item	Actividad	Si	No
1	Verificar el ajuste del chancador		
2	Verificar que no haya fugas en el sistema de lubricacion		
3	Verificar que el brazo de ajuste no se encuentre flectado		
4	Verificar que la malla de elementos solidos instalada		
5	Verificar que el ajuste del setting		
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			

Observaciones:

Nombre supervisor

Fecha

Firma

ANEXO 5

CEMIN - Planta Pullalli

Check List Semanal Recepcion: Chancador Symons 4 1/4 ft SH - 10707

Item	Actividad	Si	No
1	Verificar engrase hilos tapa de ajuste		
2	Verificar tapa de ajuste correctamente instalada		
3	Verificar plato repartidor correctamente instalado		
4	Verificar cambio de malla de elementos solidos		
5	Verificar ajuste de setting		
6	Verificar correcto nivel aceite Reductor.		
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			

Observaciones:

Nombre supervisor

Fecha

Firma

ANEXO 6

CEMIN - Planta Pullalli

Check List Quincenal Recepcion: Chancador Symons 4 1/4 ft SH - 10707

Item	Actividad	Si	No
1	Verificar que no existan fugas en linea de lubricacion		
2	Verificar toma de muestra de lubricante		
3	Verificar desgaste manto		
4	Verificar estado de sello de polvo		
5	Verificar estado de socket linner		
6	Verificar correcto cambo de taquies		
7	Verificar reengrase tapa de ajuste		
8	Verificar tapa de ajuste correctamente instalada		
9	Verificar cambio de malla de elementos solidos		
10	Verificar realizacion de microfiltrado		
11	Verificar ajuste de setting		
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			

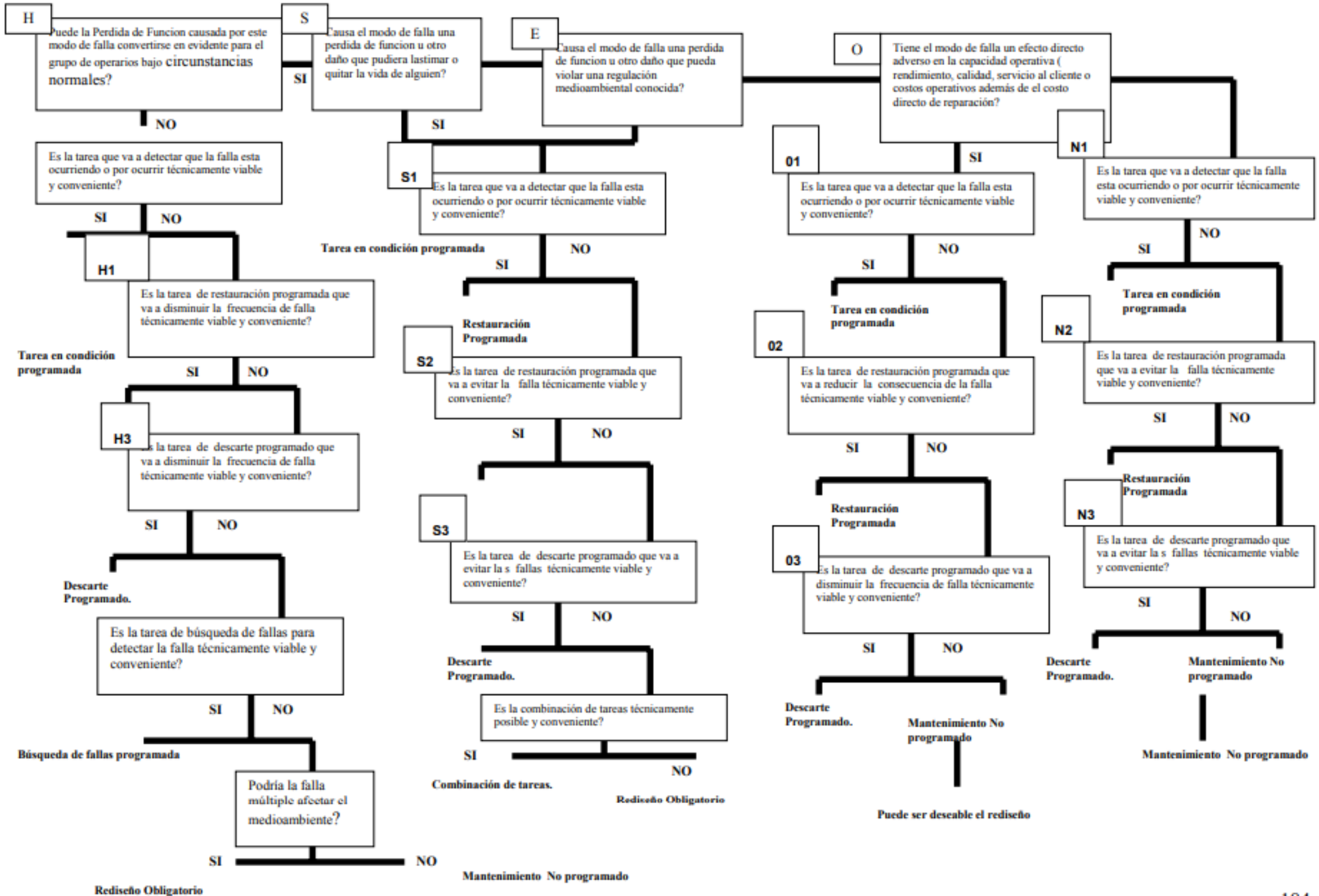
Observaciones:

Nombre supervisor

Fecha

Firma

ANEXO 7


H
Puede la Perdida de Funcion causada por este modo de falla convertirse en evidente para el grupo de operarios bajo circunstancias normales?
SI
NO
Es la tarea que va a detectar que la falla esta ocurriendo o por ocurrir técnicamente viable y conveniente?
SI
NO
H1
Es la tarea de restauración programada que va a disminuir la frecuencia de falla técnicamente viable y conveniente?
Tarea en condición programada
SI
NO
H3
Es la tarea de descarte programado que va a disminuir la frecuencia de falla técnicamente viable y conveniente?
SI
NO
Descarte Programado.
Es la tarea de búsqueda de fallas para detectar la falla técnicamente viable y conveniente?
SI
NO
Búsqueda de fallas programada
Podría la falla múltiple afectar el medioambiente?
SI
NO
Rediseño Obligatorio
Mantenimiento No programado
S
Causa el modo de falla una perdida de funcion u otro daño que pudiera lastimar o quitar la vida de alguien?
SI
S1
Es la tarea que va a detectar que la falla esta ocurriendo o por ocurrir técnicamente viable y conveniente?
Tarea en condición programada
SI
NO
Restauración Programada
S2
Es la tarea de restauración programada que va a evitar la falla técnicamente viable y conveniente?
SI
NO
S3
Es la tarea de descarte programado que va a evitar la s fallas técnicamente viable y conveniente?
SI
NO
Descarte Programado.
Es la combinación de tareas técnicamente posible y conveniente?
SI
NO
Combinación de tareas.
Rediseño Obligatorio
E
Causa el modo de falla una perdida de funcion u otro daño que pueda violar una regulación medioambiental conocida?
O
Tiene el modo de falla un efecto directo adverso en la capacidad operativa (rendimiento, calidad, servicio al cliente o costos operativos además de el costo directo de reparación?
SI
01
Es la tarea que va a detectar que la falla esta ocurriendo o por ocurrir técnicamente viable y conveniente?
SI
NO
Tarea en condición programada
02
Es la tarea de restauración programada que va a reducir la consecuencia de la falla técnicamente viable y conveniente?
SI
NO
Restauración Programada
03
Es la tarea de descarte programado que va a disminuir la frecuencia de falla técnicamente viable y conveniente?
SI
NO
Descarte Programado.
Mantenimiento No programado
Puede ser deseable el rediseño
N1
Es la tarea que va a detectar que la falla esta ocurriendo o por ocurrir técnicamente viable y conveniente?
NO
SI
Tarea en condición programada
N2
Es la tarea de restauración programada que va a evitar la falla técnicamente viable y conveniente?
SI
NO
Restauración Programada
N3
Es la tarea de descarte programado que va a evitar la s fallas técnicamente viable y conveniente?
SI
NO
Descarte Programado.
Mantenimiento No programado
Mantenimiento No programado