REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales

Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica-Eléctrica y Mecatrónica

Propuesta de modelo de gestión RCM y TPM en la faja transportadora línea 2 de Shougang Hierro Perú

Tesis presentada por el Bachiller:

Etchebarne Durand, Jorge Raul

ORCID: 0009-0000-9143-4864

para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico

Asesor:

Mg. Carpio Rivera, Marco Antonio

ORCID: 0000-0003-4730-0230

Arequipa – Perú

2024

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INGENIERIA MECANICA, MECANICA-ELECTRICA Y MECATRONICA

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 26 de Agosto del 2024

Dictamen: 007924-C-EPIMMEM-2024

Visto el borrador del expediente 007924, presentado por:

2014100871 - ETCHEBARNE DURAND JORGE RAUL

Titulado:

PROPUESTA DE MODELO DE GESTION RCM Y TPM EN LA FAJA TRANSPORTADORA LINEA 2 DE SHOUGANG HIERRO PERU

Nuestro dictamen es:

APROBADO

Titulo Profesional/Titulo de Segunda Especialidad/Grado Académico a optar:

INGENIERO MECÁNICO

29479140 - VALENCIA SALAS MARIO JOSE
DICTAMINADOR

29685318 - CASTRO VALDIVIA JORGE LUIS
DICTAMINADOR

29529560 - CACERES NUÑEZ AUGUSTO EMILIO CARLOS
DICTAMINADOR

Propuesta de modelo de gestión RCM y TPM en la faja transportadora línea 2 de Shougang Hierro Perú

INFORME DE ORIGINALIDAD

13%	12%	2%	7%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	4%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
3	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	Submitted to Instituto Superior de Artes, Ciencias y Comunicación IACC Trabajo del estudiante	<1%
5	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1%
6	predictiva21.com Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to Universidad Católica San Pablo Trabajo del estudiante	<1%
8	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1%

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mis padres, Raúl Etchebarne y Sandra Durand, por siempre apoyarme y tener la confianza plena en mí y mis capacidades.

A mi amada hermana Sandy Etchebarne, por ser mi compañera siempre en los buenos y sobre todo en los malos momentos, además ser mi modelo a seguir e inspiración profesional.

De igual modo, a mi abuela Rosa Espinoza, que fue la mayor motivación en mi vida y un gran soporte emocional.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por haberme dado la oportunidad de cursar esta maravillosa carrera y así mismo haberme permitido culminarla con éxito.

A mis padres Raúl Etchebarne y Sandra Durand, así también a mi hermana Sandy Etchebarne Durand, que sin ellos nada de esto hubiera sido posible, por su gran apoyo y sostén emocional.

A las familias Zuñiga Calderon y Ludeña Paz, que se convirtieron en mi familia y me acogieron en mi estancia en la ciudad de Arequipa, durante todo el proceso de este proyecto, les estaré siempre eternamente agradecido.

A la Universidad Católica de Santa María y los docentes que me guiaron durante toda la carrera, muchas gracias por su entrega y dedicación.

A la empresa Shougang Hierro Perú S.A.A. por la oportunidad de poder desarrollar el presente trabajo y poder facilitarme el acceso a información importante para realizar este proyecto de investigación.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

EPÍGRAFE

"El éxito no se logra solo con cualidades especiales. Es, sobre todo, un trabajo de constancia, de método y de organización."

Víctor Hugo

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

RESUMEN

En la actualidad las áreas más importantes de mantenimiento buscan metodologías que permitan alcanzar estándares de mantenimiento eficientes de manera rápida. Este trabajo consiste en aplicar dos metodologías de trabajo, ampliamente conocidas, como son el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) y el Mantenimiento Productivo Total (TPM) en un proceso minero como es el caso de la faja transportadora de la línea 02 de la empresa minera Shougang Hierro Perú situada en el puerto San Juan de Marcona.

En la actualidad la empresa muestra deficiencias en sus planes de mantenimiento debido a una baja cultura de trabajo organizacional, cuya consecuencia es la tendencia a sufrir muchas paradas intempestivas además de las paradas programadas, así mismo las áreas involucradas en la operación y mantenimiento no tienen bien delimitadas sus funciones.

El trabajo inicia recolectando información, que será la base de aplicación de la metodología RCM, esto permite conocer el estado de base del equipo y los procedimientos más importantes de mantenimiento. Se procedió a realizar una taxonomía de los equipos más importantes para dividirlos en sistemas y conocer los más propensos a fallar, mediante un análisis de criticidad, esto permite detallar de qué manera pueden fallar los diversos componentes mediante un análisis de fallas funcionales. Todo esto, permite crear un plan de mantenimiento donde se propone inspecciones diarias, y formatos que se requieren para seguir recolectando datos. Siendo el equipo de operaciones, quien llevará a cabo inspecciones específicas y no el equipo de mantenimiento como suele suceder, se busca crear una cultura de trabajo, basándonos en el compromiso e involucrando a todas las áreas, que es uno de los objetivos de la norma ISO 55000 en la que se basa la metodología TPM, siendo el objetivo más importante la creación de sentido de pertenencia hacia los equipos que operan los trabajadores del área de operaciones.

El resultado del plan propuesto será una mejora, en cuanto al entendimiento de las labores del equipo de producción y mantenimiento. También se reducirán los daños en la faja mediante inspecciones sistemáticas realizadas por el equipo de operaciones en conjunto con el equipo de mantenimiento. Finalmente, la recolección de nuevos datos permitirá crear planes de mantenimiento que no solo eviten incidentes, si no que los prevean y tengan un mejor tiempo de respuesta antes las paradas intempestivas.

Palabras clave: Mantenimiento centrado en la confiabilidad, Mantenimiento productivo total, Faja Transportadora Línea 2.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ABSTRACT

Currently, the most important areas of maintenance are looking for methodologies that allow them to achieve efficient maintenance standards quickly. This work consists of applying two widely known work methodologies, such as Reliability Centered Maintenance (RCM) and Total Productive Maintenance (TPM) in a mining process such as the conveyor belt of line 02 of the Shougang Hierro Perú mining company located in the San Juan de Marcona port.

Currently the company shows deficiencies in its maintenance plans due to a low organizational work culture, the consequence of which is the tendency to suffer many untimely stops in addition to the scheduled stops, likewise the areas involved in operation and maintenance do not have good delimited its functions.

The work begins by collecting information, which will be the basis for applying the RCM methodology, this allows knowing the basic state of the equipment and the most important maintenance procedures. A taxonomy of the most important equipment was carried out to divide them into systems and identify those most likely to fail, through a criticality analysis. This allows us to detail how the various components can fail through a functional failure analysis. All of this allows you to create a maintenance plan where daily inspections are proposed, and formats that are required to continue collecting data.

Being the operations team who will carry out specific inspections and not the maintenance team as usually happens, the aim is to create a work culture, based on commitment and involving all areas, which is one of the objectives of the standard. ISO 55000 on which the TPM methodology is based, the most important objective being the creation of a sense of belonging towards the equipment operated by workers in the operations area.

The result of the proposed plan will be an improvement in terms of understanding the work of the production and maintenance team. Damage to the belt will also be reduced through systematic inspections carried out by the operations team in conjunction with the maintenance team. Finally, the collection of new data will allow the creation of maintenance plans that not only avoid incidents, but also foresee them and have a better response time before untimely stops.

Keywords: Reliability-centered maintenance, Total productive maintenance, Conveyor Belt Line 2.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

EPÍGRAFE

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO I 3

1. MARCO METODOLÓGICO 4

1.1. Descripción del problema 4

1.2. Justificación 4

1.2.1. Justificación tecnológica 4

1.2.2. Justificación ambiental 4

1.2.3. Justificación económica 5

1.3. Objetivos 5

1.3.1. Objetivo General 5

1.3.2. Objetivos Específicos 5

1.4. Alcances 5

1.5. Antecedentes 6

1.6. Limitaciones 6

CAPÍTULO II 8

2. MARCO TEÓRICO 9

2.1. Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) 9

2.1.1. Funciones y sus estándares de funcionamiento 10

2.1.2. Fallas funcionales 10

2.1.3. Modos de falla (Causas de falla) 11

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.1.4. Efectos de las fallas 11
2.1.5. Consecuencias de las fallas 11
2.1.5.1. Consecuencias de las fallas no evidentes o fallas ocultas 12
2.1.5.2. Consecuencias sobre la seguridad y el medio ambiente 12
2.1.5.3. Consecuencias operacionales 12
2.1.5.4. Consecuencias no operacionales 13
2.1.6. Tareas de mantenimiento 14
2.1.6.1. Tareas “a condición” 15
2.1.6.2. Acciones “a falta de” 15
2.1.6.2.1. El personal implicado 15
2.1.6.2.2. Los facilitadores 16
2.1.6.2.3. Los auditores 16
2.1.7. Los beneficios a conseguir por RCM 17
2.1.7.1. Mayor seguridad y protección del entorno 17
2.1.7.2. Mejores desempeños operativos 17
2.1.7.3. Mayor control de los costos del mantenimiento 18
2.1.7.4. Una amplia base de datos de mantenimiento 18
2.1.7.5. Promoción de participación de las personas 19
2.1.7.6. Mejora del rendimiento en el trabajo grupal 19
2.2. Pasos para Implementar la Metodología RCM 19
2.2.1. Paso 1: Definición de los Sistemas a través de la Taxonomía 19
2.2.1.1. Importancia de la Taxonomía de Equipos 20
2.2.1.1.1. Mejora de la gestión de activos 20
2.2.1.1.2. Eficiencia en la comunicación 20
2.2.1.1.3. Toma de decisiones informadas: 20
2.2.1.1.4. Cumplimiento de normas y regulaciones 20

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.2.1.1.5. Niveles de la Taxonomía de Equipos 20
2.2.1.1.5.1. Nivel 01, Activo 20
2.2.1.1.5.2. Nivel 02, Sistema 21
2.2.1.1.5.3. Nivel 03, Subsistema 21
2.2.1.1.5.4. Nivel 04, Componente 21
2.2.1.1.5.5. Nivel 05, Parte 21
2.2.2. Paso 2: Análisis de Criticidad 22
2.2.2.1. Impacto 22
2.2.2.2. Probabilidad 22
2.2.2.2.1. Métodos de Análisis de Criticidad 22
2.2.2.2.2. Análisis de Criticidad por Factores Ponderados 23
2.2.2.2.2.1. Cálculo del Índice de Criticidad (IC) 23
2.2.2.2.3. Clasificación de Criticidad 23
2.2.2.2.4. Selección de Pesos 24
2.2.2.2.5. Beneficios del ACP 24
2.2.2.2.6. Análisis de Criticidad de Ciliberti 25
2.2.2.2.6.1. Incorporación de Múltiples Factores 25
2.2.2.2.6.2. Utilización de una Escala Logarítmica: 25
2.2.2.2.6.3. Alta Personalización 25
2.2.2.2.7. Cálculo del Índice de Criticidad (IC) 26
2.2.2.2.8. Clasificación de Criticidad 26
2.2.2.2.9. Beneficios del Análisis de Criticidad de Ciliberti: 26
2.2.3. Paso 3: Análisis de los Modos de Fallas y sus Efectos (AMFE) 27
2.2.3.1. ¿En qué consiste el AMFE? 27
2.2.3.2. Pasos del AMFE 27
2.2.3.3. Beneficios del AMFE 28

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.2.4. Paso 4: Formulación e Implantación de Plan de Mantenimiento Basado en RCM 29

2.2.4.1. Etapas para la Formulación e Implantación de un Plan de Mantenimiento Basado en RCM:.....30

2.2.4.1.1. Preparación.....30

2.2.4.1.2. Definición de las Funciones.....30

2.2.4.1.3. Análisis de Fallas.....30

2.2.4.1.4. Selección de Estrategias de Mantenimiento.....31

2.2.4.1.5. Implementación del Plan de Mantenimiento RCM:.....31

2.2.5. Paso 5: Monitoreo de Resultados a lo largo del Tiempo.....32

2.2.5.1. ¿Qué se debe monitorear?.....32

2.2.5.2. ¿Cómo se debe realizar el monitoreo?.....33

2.2.5.2.1. Beneficios del Monitoreo de Resultados.....34

2.3. Aplicación de RCM Y TPM.....34

2.4. Mantenimiento productivo total (TPM).....35

2.4.1. ¿Qué es la mejora orientada?.....36

2.4.2. Pérdidas y los seis puntos principales.....36

2.4.2.1. Mantenimiento autónomo.....39

2.4.2.2. Mantenimiento planificado.....39

2.4.2.3. Mejoras enfocadas.....39

2.4.2.4. Control inicial.....40

2.4.2.5. Mantenimiento de calidad.....40

2.4.2.6. Entrenamiento.....40

2.4.2.7. TPM para oficinas.....41

2.4.2.8. Seguridad y medio ambiente.....41

2.4.2.9. Etapas del método TPM.....41

2.4.2.10. Beneficios del método TPM.....42

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.4.2.11. Intangibles 42

2.4.2.12. Tangibles 42

2.5. Pasos para Implementar la Metodología TPM 43

2.5.1. Fase 1: Preparación 43

2.5.1.1. Paso 1: Anuncio de la Alta Dirección 43

2.5.1.2. Paso 2: Lanzamiento de Campaña educacional 43

2.5.1.2.1. Objetivos de la Campaña Educacional 43

2.5.1.2.2. Estrategias para el Lanzamiento de la Campaña Educacional 44

2.5.1.2.3. Recursos para la Campaña Educacional: 44

2.5.1.2.3.1. Ejemplo de actividades para la Campaña Educacional 45

2.5.1.3. Paso 3: Creación de las Organizaciones para el TPM 45

2.5.1.3.1. Objetivos de la Creación de las Organizaciones para el TPM 45

2.5.1.3.2. Tipos de Organizaciones para el TPM: 46

2.5.1.3.3. Proceso de Creación de las Organizaciones para el TPM 47

2.5.1.3.3.1. Consideraciones Importantes 47

2.5.1.4. Paso 4: Establecimiento de Políticas y Metas para el TPM 48

2.5.1.4.1. Objetivos del Establecimiento de Políticas y Metas para el TPM 48

2.5.1.4.1.1. Tipos de Políticas y Metas para el TPM: 48

2.5.1.4.1.2. Proceso de Establecimiento de Políticas y Metas para el TPM 49

2.5.1.4.1.3. Consideraciones Importantes: 50

2.5.2. Fase 2: Introducción 50

2.5.2.1. Paso 5: Mejoras Iniciales en la Seguridad 50

2.5.2.1.1. Pasos para implementar mejoras iniciales en la seguridad para el TPM 50

2.5.2.1.1.1. Establecer un equipo de seguridad 50

2.5.2.1.1.2. Identificar peligros y evaluar riesgos: 51

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.5.2.1.1.3. Implementar medidas de control.....51

2.5.2.1.1.4. Documentar y comunicar las mejoras.....51

2.5.2.1.1.5. Monitorear y revisar.....52

2.5.2.2. Paso 6: Mejoras Iniciales en la Autonomía de Mantenimiento.....52

2.5.2.2.1. Beneficios de implementar Mejoras Iniciales en la Autonomía de Mantenimiento para el TPM.....52

2.5.2.2.2. Pasos para implementar Mejoras Iniciales en la Autonomía de Mantenimiento para el TPM:.....53

2.5.2.2.2.1. Seleccionar equipos piloto.....53

2.5.2.2.2.2. Capacitar a los operadores.....53

2.5.2.2.2.3. Desarrollar estándares de trabajo:.....53

2.5.2.2.2.4. Implementar un sistema de seguimiento.....53

2.5.2.2.2.5. Mejorar continuamente.....54

2.5.3. Fase 3: Implementación.....54

2.5.3.1. Paso 7: Estructuración del Mantenimiento Funcional.....54

2.5.3.1.1. Beneficios de implementar la estructuración del mantenimiento funcional para el TPM:.....54

2.5.3.1.2. Pasos para implementar la estructuración del mantenimiento funcional para el TPM.....55

2.5.3.1.2.1. Definir las funciones de mantenimiento.....55

2.5.3.1.2.2. Asignar responsabilidades.....55

2.5.3.1.2.3. Establecer canales de comunicación.....55

2.5.3.1.2.4. Desarrollar indicadores de desempeño:.....55

2.5.3.1.2.5. Implementar un sistema de gestión del mantenimiento.....56

2.5.3.1.2.6. Capacitar al personal.....56

2.5.3.1.2.7. Mejorar continuamente.....56

2.5.3.2. Paso 8: Mejora de la Eficiencia del Mantenimiento Preventivo.....56

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.5.3.2.1. Beneficios de implementar la mejora de la eficiencia del mantenimiento preventivo para el TPM 57

2.5.3.2.2. Pasos para implementar la mejora de la eficiencia del mantenimiento preventivo para el TPM 57

2.5.3.2.2.1. Realizar un análisis del mantenimiento preventivo actual: 57

2.5.3.2.2.2. Identificar las pérdidas asociadas al mantenimiento preventivo ..57

2.5.3.2.2.3. Implementar medidas para eliminar las pérdidas 58

2.5.3.2.2.4. Monitorear y medir los resultados 58

2.5.3.2.2.5. Implementar mejoras continuas 58

2.5.3.3. Paso 9: Implementación del Mantenimiento Autónomo de Calidad.....59

2.5.3.3.1. Beneficios de implementar el Mantenimiento Autónomo de Calidad 59

2.5.3.3.2. Pasos para implementar el Mantenimiento Autónomo de Calidad 59

2.5.3.3.2.1. Sensibilizar y capacitar a los operadores 59

2.5.3.3.2.2. Definir las actividades de MAC.....60

2.5.3.3.2.3. Implementar estándares de calidad 60

2.5.3.3.2.4. Implementar un sistema de seguimiento.....60

2.5.3.3.2.5. Mejorar continuamente 60

2.5.4. Fase 4: Consolidación.....61

2.5.4.1. Paso 10: Optimización de la Eficiencia General de los Equipos (OEE) .61

2.5.4.1.1. Beneficios de implementar la Optimización de la Eficiencia General de Equipos 61

2.5.4.1.2. Pasos para implementar la Optimización de la Eficiencia General de Equipos 62

2.5.4.1.2.1. Establecer métricas de OEE.....62

2.5.4.1.2.2. Identificar las pérdidas.....62

2.5.4.1.2.3. Implementar medidas para eliminar las pérdidas 62

2.5.4.1.2.4. Monitorear y medir los resultados 62

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.5.4.1.2.5. Mejorar continuamente 62

2.5.4.2. Paso 11: Implementación del Mantenimiento de Basado en la Confiabilidad 63

2.5.4.2.1. Beneficios de implementar el Mantenimiento Basado en la Confiabilidad 63

2.5.4.2.2. Pasos para implementar el Mantenimiento Basado en la Confiabilidad 64

2.5.4.2.2.1. Definir los objetivos del MBC: 64

2.5.4.2.2.2. Seleccionar los equipos para el MBC 64

2.5.4.2.2.3. Realizar un análisis de modos de falla y efectos (AMFE) 64

2.5.4.2.2.4. Desarrollar estrategias de mantenimiento 64

2.5.4.2.2.5. Implementar las estrategias de mantenimiento: 64

2.5.4.2.2.6. Monitorear y evaluar los resultados 65

2.5.4.2.2.7. Mejorar continuamente 65

2.5.4.3. Paso 12: Institucionalización del TPM 65

2.5.4.3.1. Beneficios de institucionalizar el TPM 65

2.5.4.3.2. Pasos para institucionalizar el TPM 66

2.5.4.3.2.1. Establecer una estructura de liderazgo 66

2.5.4.3.2.2. Desarrollar un plan de comunicación 66

2.5.4.3.2.3. Implementar un sistema de gestión del TPM 66

2.5.4.3.2.4. Integrar el TPM en los procesos de negocio: 67

2.5.4.3.2.5. Reconocer y recompensar los logros 67

2.5.4.3.2.6. Mejorar continuamente 67

2.6. TAXONOMIA 67

2.6.1. Primer sistema jerárquico 68

2.6.2. Generación de expectativas de la evolución del mantenimiento. 69

2.6.3. Métodos de jerarquización de activos físicos de 1970 al 2013 69

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.6.4. La taxonomía propuesta por la ISO 14224:2016 70
2.6.5. La taxonomía propuesta por la norma NORZOK Z008 71
CAPÍTULO III 73
3. ESTADO ACTUAL DE PLANTA DE CHANCADO LÍNEA 2 74
3.1. Descripción de la mina 74
3.2. Estado actual de la faja transportadora 76
3.2.1. Descripción de planta de chancado línea 2 76
3.2.2. Área de taller de fajas 77
3.2.3. Área de mantenimiento de chancado 78
3.3. Análisis del estado actual de la faja transportadora 79
3.3.1. Cuestionario sobre estrategia funcional de la planta de chancado 79
3.3.1.1. Estrategia funcional de la Planta de Chancado 79
3.3.2. Cuestionario sobre organización y funciones de la planta de chancado 81
3.3.2.1. Organización y funciones de Planta de Chancado 81
3.3.2.2. Función Remarque 84
3.3.2.3. Relacionado al Ambiente 85
3.3.2.4. Manejo, Sensibilidad y Confort de Operación 87
3.3.3. Cuestionario sobre el mantenimiento de la línea 2 88
3.3.3.1. Relacionado a la Seguridad 89
3.3.3.2. Sobre la Estructura de la Faja Línea 2 90
3.3.3.3. Protocolo de Trabajo y Contención 91
3.3.4. Cuestionario de preguntas abiertas 93
CAPÍTULO IV 95
4. TAXONOMÍA DEL ACTIVO FISICO 96
4.1. Taxonomía de la Faja Transportadora de la Línea 2 96
4.1.1. Ficha Técnica de Faja Transportadora de la Línea 2 96

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.2. Perfil de la faja transportadora....97
4.2.1. Definición de Sistema de Carga y Descarga 101
4.2.2. Definición de Sistema de Control....104
4.2.3. Definición de Sistema Motriz....106
4.2.4. Definición de Estructura Mecánica 108
4.2.5. Definición de Sistema de Alineamiento 110
4.2.6. Definición de Sistema de Alineamiento 113
4.3. Análisis de Criticidad de la Faja Transportadora 113
4.3.1. Análisis de Criticidad de Factores Ponderados 114
4.3.2. Análisis de Criticidad de los Sistemas....117
4.3.3. Análisis de Criticidad de Subsistemas....118
4.3.4. Análisis de Criticidad de Componentes Críticos....120
4.4. Análisis de Criticidad Método de Ciliberti....123
4.4.1. Matrices de Criticidad para SHA....123
4.4.2. Matrices de Criticidad para Procesos 125
4.4.3. Análisis de Criticidad de los Sistemas por el Método Ciliberti....128
4.4.4. Análisis de Criticidad de Subsistemas por el Método Ciliberti....129
4.4.5. Análisis de Criticidad de Componentes por el Método Ciliberti....130
4.5. Aplicación de mantenimiento centrado en la confiabilidad 132
4.5.1. Análisis de Modo de Fallas y Efectos 132
4.5.1.1. Falla en Sistema de Carga y Descarga....132
4.5.1.2. Falla en Sistema de Control....135
4.5.1.3. Falla en Sistema Motriz....137
4.5.1.4. Falla en Estructura Mecánica 139
4.5.1.5. Falla en Sistema de Alineamiento 144
4.5.2. Diagrama de secuencia de actividades a desarrollar 147

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.6. Estructura de codificación de equipos de la faja de la línea 02 para RCM 148

4.7. Estructura de codificación para operaciones de mantenimiento 150

4.8. Presupuesto de mantenimiento 151

4.9. Propuesta anual de mantenimiento por sistemas 152

4.10. Monitoreo de operaciones de mantenimiento.....154

4.11. Monitoreo de supervisión bajo personal de operaciones.....157

4.12. Control de datos de operaciones de mantenimiento 159

4.13. Referencia de horas de parada de la línea 02.....161

CAPÍTULO V.....164

5. IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) Y MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)....165

5.1. Plan Detallado de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) Respaldado por Mantenimiento Productivo Total (TPM) para la Faja de la Línea 02 .165

5.1.1. Contexto y Compromiso Apoyados por el TPM 167

5.1.1.1. PASO 1: Identificación de Activos Críticos.....167

5.1.1.2. PASO 2: Compromiso de la Alta Dirección.....167

5.1.2. Política y Objetivos de Gestión de Activos Apoyados por el TPM 168

5.1.2.1. PASO 3: Desarrollo de una Política Integral.....168

5.1.2.1.1. Establecimiento de Objetivos.....168

5.1.3. Identificación y Evaluación de Activos Realizados por RCM 169

5.1.3.1. Paso 4: Evaluación de Importancia 169

5.1.3.2. PASO 5: Análisis de Modos de Falla 169

5.1.4. Planificación y Programación de Mantenimiento TPM 170

5.1.4.1. PASO 6: Programa de Mantenimiento Preventivo.....170

5.1.4.2. PASO 7: Integración de Actividades Autónomas 170

5.1.5. Gestión de Cambios Apoyados en el TPM.....171

5.1.5.1. PASO 8: Procedimientos para Gestionar Cambios 171

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.1.5.2. PASO 9: Evaluación de Riesgos 171

5.1.6. Competencias y Capacitación Apoyadas en el TPM 172

5.1.6.1. PASO 10: Identificación de Competencias Necesarias 172

5.1.6.2. PASO 11: Programas de Capacitación 173

5.1.7. Monitoreo del Desempeño Realizado por Actividades de RCM 173

5.1.7.1. PASO 12: Implementación de KPIs 173

5.1.7.1.1. Frecuencia de Inspección 173

5.1.7.1.2. Tiempo Promedio de Respuesta a Reportes 174

5.1.7.2. PASO 13: Índice de Ejecución de Mantenimiento Preventivo por Operadores 174

5.1.7.2.1. Tiempo Promedio entre Fallas (MTBF) 174

5.1.7.2.2. Índice de Disponibilidad de las Fajas Transportadoras 175

5.1.7.3. PASO 14: Participación en Programas de Formación 175

5.1.7.4. PASO 15: Feedback de los Operadores 175

5.1.7.5. PASO 16: Costos de Mantenimiento 176

5.1.7.6. PASO 17: Uso Informado de la Información 176

5.1.8. Mejora Continúa dadas por el RCM y apoyadas por el TPM 177

5.1.8.1. PASO 18: Procesos para Identificar Oportunidades 177

5.1.8.2. PASO 19: Acciones Correctivas y Preventivas 177

5.1.8.3. PASO 20: Auditorías Regulares 177

5.1.8.4. PASO 21: Revisión de Hallazgos 178

5.1.8.5. PASO 22: Mantenimiento de Documentación Clara 178

5.1.8.6. PASO 23: Revisiones Periódicas de la Alta Dirección 179

5.1.8.7. PASO 24: Ajuste Constante de Políticas y Objetivos 179

5.2. Diagrama de secuencia de aplicación TPM 179

CONCLUSIONES 182

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

RECOMENDACIONES 185
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 186
ANEXOS 190
Anexo 1 Cuestionario aplicado a los involucrados en el proceso de trabajo 191
Anexo 2 Cuestionario de preguntas abiertas 205
Anexo 3 Taxonomía de la faja línea 2 209
Anexo 4 Análisis de funciones y fallas 210
Anexo 5 Propuesta anual de mantenimiento sistema de carga y descarga 216
Anexo 6 Horas de parada de la faja de la línea 2 en enero del 2022 220
Anexo 7 Memorandum de compromiso 232
Anexo 8 Acta de reunión 233
Anexo 10 Formato de IPERC 236
Anexo 11 Formato de IPERC 237

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Consecuencias de aplicación de RCM 13
Figura 2 RCM como metodología causa - efecto 14
Figura 3 Personal implicado 17
Figura 4 Personal implicado 18
Figura 5 Pilares del Mantenimiento Productivo Total 38
Figura 6 Taxonomía de los seres vivos 68
Figura 7 El desarrollo de la Gestión del Mantenimiento 69
Figura 8 Métodos de Jerarquización de Activos Físicos para Instalaciones Industriales 70
Figura 9 Clasificación Taxonómica y Niveles Taxonómicos 71
Figura 10 Jerarquía de Sistemas y Equipos 72
Figura 11 Distribución de las áreas de Shougang en San juan de Marcona 76
Figura 12. Organigrama de la Planta de Chancado Línea 2 77
Figura 13 Organigrama de Área de Taller de Fajas 78
Figura 14 Organigrama de Área de Mantenimiento de Chancado 79
Figura 15 Resultado de la encuesta en relación a la estrategia funcional de planta 81
Figura 16 Relación a la organización y funciones de la planta de chancado 83
Figura 17 Relación a la organización y funciones de la planta de chancado 83
Figura 18 Resultado de la pregunta 13 de la encuesta en relación a la función remarque 85
Figura 19 Resultado de la encuesta en base a la pregunta 14 86
Figura 20 Relación al manejo, sensibilidad y confort de operaciones 88
Figura 21. Resultado de la encuesta en relación a la seguridad 90
Figura 22 Resultado de la encuesta en relación a la estructura de la faja línea 2 91
Figura 23 Resultado de la encuesta en relación a los protocolos de trabajo y contención 93
Figura 24 Perfil de la faja transportadora 97
Figura 25 Partes de la faja en 3 dimensiones 99

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 26 Sistema de la Faja Línea 2 100

Figura 27 Matriz de Criticidad 117

Figura 28 Diagrama de Secuencia de Actividades a Desarrollar 147

Figura 29. Propuesta Anual de Mantenimiento por Sistemas 153

Figura 30 Ficha de Orden de Trabajo de Mantenimiento.....155

Figura 31 Check list de Inspección Diaria.....158

Figura 32 Ciclo de Deming 166

Figura 33 Diagrama de secuencia de aplicación TPM 180

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Pérdidas principales y temas de mejora asociada 37

Tabla 2. Cuadro de ámbito del lugar de estudio 75

Tabla 3 Cuestionario sobre estrategia funcional 80

Tabla 4 Cuestionario sobre la organización y funciones de planta de chancado 82

Tabla 5 Cuestionario sobre la función remarque 84

Tabla 6 Cuestionario sobre el ambiente 86

Tabla 7 Cuestionario sobre el manejo, sensibilidad y confort de operación 87

Tabla 8 Cuestionario sobre la seguridad 89

Tabla 9 Cuestionario sobre la estructura de la faja línea 2 90

Tabla 10 Cuestionario sobre el protocolo de trabajo y contención 92

Tabla 11 Cuestionario sobre el protocolo de trabajo y contención 94

Tabla 12 Ficha Técnica de la Faja Transportadora de la Línea 2 97

Tabla 13. Sistema de Carga y Descarga 102

Tabla 14. Sistema de Control 105

Tabla 15 Sistema Motriz 107

Tabla 16 Estructura Mecánica 108

Tabla 17 Sistema de Alineamiento 111

Tabla 18 Sistema de Alineamiento 113

Tabla 19 Frecuencia de fallos 115

Tabla 20. Impacto Operacional 115

Tabla 21 Flexibilidad Operacional 115

Tabla 22. Costo de Mantenimiento 116

Tabla 23 Impacto en seguridad ambiente higiene 116

Tabla 24 Análisis de Criticidad de los Sistemas 117

Tabla 25. Análisis de Criticidad de Subsistemas de los Sistemas Críticos 118

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Tabla 26 Análisis de Criticidad de Componentes Críticos de los Subsistemas.....120

Tabla 27 Categoría de Consecuencias de Seguridad, Higiene y Ambiente.....123

Tabla 28 Categoría de Probabilidades Seguridad, Higiene y Ambiente 124

Tabla 29 Matriz de Criticidad para SHA.....124

Tabla 30 Categorías de Consecuencia de Procesos.....125

Tabla 31 Categorías de Probabilidades de Procesos 126

Tabla 32. Matrices de Criticidad para Procesos 126

Tabla 33 Matriz General de Criticidad.....127

Tabla 34 Análisis de Criticidad de los Sistemas por Ciliberti.....128

Tabla 35 Análisis de Criticidad de los Subsistemas por el Método Ciliberti 129

Tabla 36 Análisis de Criticidad de los Subsistemas por el Método Ciliberti 130

Tabla 37 Falla en Sistema de Carga y Descarga 133

Tabla 38 Falla en Sistema de Control.....136

Tabla 39. Falla en Sistema Motriz.....138

Tabla 40 Falla en Estructura Mecánica 140

Tabla 41 Falla en Sistema de Alineamiento 144

Tabla 42 Estructura de Codificación de Equipos de la Faja de la Línea 02 para RCM 148

Tabla 43. Cuadro de Codificación para Operaciones de Mantenimiento.....150

Tabla 44. Cuadro de Control de Datos de Operaciones de Mantenimiento 160

Tabla 45 Cuadro de horas de Parada de la Faja de la Línea 02 en el 2022 161

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ABREVIATURAS Y LISTAS DE SÍMBOLOS

Abreviaturas

RCM	Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad
TPM	Mantenimiento Productivo Total
ISO	Internacional Organization for Standardization
EPIMMEM	Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica
FAA	Fuerza Aérea Americana
M.S.N.M	Metros Sobre el Nivel del Mar
MTTO	Mantenimiento
OT	Orden de Trabajo
HR	Hora
SAP	*Systems Applications and Products in Data Processing* - Aplicaciones de sistemas y productos en procesamiento de datos.
IPERC	Identificación de Peligros y la Evaluación de Riesgos y Controles
EPP	Equipo de Protección Personal
KPI	Key Performance Indicators
CCR	Central Control Remote

Lista de símbolos

CO2	Dióxido de Carbono
KM	Kilometro
FO	Flexibilidad Operacional
CM	Costo de Mantenimiento
SAH	Impacto en Seguridad Ambiente Higiene
N^O	Número
MTBF	Tiempo Promedio entre Fallas
NC	No Calculable

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INTRODUCCIÓN

En el mundo actual, todo avanza y evoluciona de manera continua, lo cual es evidente en todos los ámbitos, áreas y prácticas diarias. En el ámbito del mantenimiento, esta notoria creciente no es una excepción. En la actualidad, se pueden observar sistemas de gestión y un creciente interés por parte de las empresas en postularse a un mantenimiento de clase mundial. Esto se debe a que se reconoce que una mayor eficiencia en el mantenimiento conlleva a obtener mejores resultados en términos de rendimiento y productividad.

Pero antes de querer correr, es importante saber caminar, por lo que la presente investigación propone una solución mediante la fusión de dos de los mantenimientos más sólidamente establecidos y aplicados en la industria.

Dicha industria es la empresa minera Shougang Hierro Perú, que remonta a 1906 cuando el ingeniero Federico Fuchs al realizar unos estudios en la zona se dio cuenta que sus resultados siempre arrojaban desviaciones en los trazos realizados con su compás. Por ende, en 1914 vuelve a la zona, pero esta vez en compañía de Roberto Letts y Justo Pastor, que lo apoyaron en el recorrido, tras comentarles la presencia de unas rocas con una dureza particular, que se hallaban en las pampas de Marcona. Al año estaba confirmado la presencia de mineral en la zona y se difundió la noticia a través de la Sociedad de Ingenieros del Perú. En 1924 se comienza a visualizar la conformación industrial con la creación de la comisión siderúrgica Nacional que tiene como propósito la recolección y análisis de carbón y hierro, siendo Marcona oficialmente declarado como una de las reservas nacionales de Perú. A partir de 1940, las investigaciones y exploraciones del área pasan a ser dirigidas por la empresa Brassert Company of NY, siendo esta la encarga de desarrollar e implementar los panes de actividades como las dinamizaciones de perforación que se llevaron a cabo a 2000 metros.

Perú funda la sociedad Santa, en 1943, con el objetivo de poder lograr tener una actividad nacional de producción de aceros con hornos y molinos, en la ciudad de Chimbote, logrando esto a través de otorgar como capital, la concesión de Marcona. En 1951 el entonces consultor de la sociedad Santa, el geólogo realiza un levantamiento a escala, dando como resultado que la zona sea reconocida por su gran potencial de producción de mineral a nivel de Sub-américa.

En 1953 se hace presente la primera empresa industrial minera siendo Marcona Mining Company la que dirigiría el área de E-Grind, que por un tema de facilidad a la hora del transporte vía marítima se haría la planta de chancado y el campamento minero en el puerto

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

San Juan de Marcona, siendo otras dos entidades las que dirigirían el primer embarque de mineral. En 1975, bajo el decreto de la Ley N^{O}21228 se crea la compañía Minera del Hierro del Perú, para a nacionalización de espacios y recursos mineros y metalúrgicos, entrando la Marcona Mining Company en esta nacionalización de recursos.

En 1993 llega desde China, empresa Shougang Hierro Perú S.A.A, empezando ese mismo año sus procesos de privatización, llegando así al año 2000 donde forma una alianza con Rio Tinto Mining & Exploration. En el año 2008 con una inversión aproximada de 2 000 millones de dólares, empieza una exploración para expandir sus obras n la zona N-13 y mina 14, denominada Zona Nueva.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CAPÍTULO I

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

1. MARCO METODOLÓGICO

1.1. Descripción del problema

El sistema de trabajo que se lleva a cabo en esta zona de la planta, no se rige a un plan de trabajo, regulado o normado, por lo que se evidencian muchas fallas y defectos en el proceso de mantenimiento.

A causa de ello, se registran muchas irregularidades en los procesos de trabajo, como problemas entre las distintas áreas de trabajo involucradas en el mantenimiento, operación y función de la línea de producción seleccionada para el estudio. (Castro, 2024)

1.2. Justificación

El presente proyecto se propone implementar el Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM, combinado con el Mantenimiento Productivo total TPM, para asegurar la disponibilidad y confiabilidad de una faja transportadora en las operaciones de minerales, reafirmando esta necesidad ante las exigencias establecidas por las compañías mineras para el transporte del mineral.

1.2.1. Justificación tecnológica

La presente investigación, desea mostrar que a través de su puesta en práctica que puede lograr la optimización de equipos y a su vez de personal, dando como resultados por una parte la mejora de la eficiencia y aprovechar al 100% la tecnología que ofrece la empresa. Por otra parte, la optimización de personal, capacitándolos, para que de esta manera el área de operaciones pueda realizar también trabajos de mantenimiento preventivo, así el área de mantenimiento podría ser más objetivo en su función reduciendo horas de parada y optimizado otros procesos tecnológicos.

1.2.2. Justificación ambiental

El proyecto de investigación también requiere tener una mejora en el impacto ambiental. A través de la optimización del proceso, se busca ser lo más eficiente posible en los procesos de operaciones, de esta manera utilizar lo justo y necesario de recursos naturales y no exceder en la utilización de servicios públicos como pueden ser el agua y la electricidad, reduciendo así en menor

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

medida el uso de estos importantes recursos naturales y emisiones de CO2 que pueden producir algunas máquinas en mal funcionamiento.

1.2.3. Justificación económica

Sin duda alguna el impacto económico que se plantea como resultado de la investigación es el más visible, ya que, a través de la generación de una cultura de trabajo y mayor organización, se dará como resultado una mayor eficiencia, no solo en las áreas de trabajo si no también en los procesos de estos, dando como resultado, una reducción de tiempos muertos y paradas innecesarias, generando así, mayores horas de producción y reducción de costos.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Aplicación del modelo TPM y RCM para la mejora de mantenimiento de fajas transportadoras de la línea 2 Shougang Hierro Perú.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Analizar el estado actual de funcionamiento de la zona de mantenimiento de la planta chancado.
- Analizar la taxonomía y la criticidad de la faja transportadora.
- Implementar el modelo RCM y TPM.
- Crear un nuevo plan de mantenimiento a la faja transportadora.

1.4. Alcances

Para el presente trabajo se utilizará la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), y a su vez la metodología de Mantenimiento Productivo Total (TPM), para la planificación y organización de información que nos brinde la empresa. Esta propuesta, tiene lugar en la empresa minera Shougang Hierro Perú, en el área de la faja Línea dos. Realizando como primera actividad una encuesta que nos permita, objetivizar y analizar el estado actual de las áreas involucradas, para posteriormente compararlas con las propuestas que puedan sugerirse. Consecutivamente se registrará la información, para de esta manera saber con qué datos contamos y poder analizar esa data y finalmente poder producir, planes de mantenimiento. (Rodriguez & Vega, 2022)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

1.5. Antecedentes

Ron Moore & Ron Rath. La combinación del TPM y del RCM. Es un estudio, puesto en práctica, en una fábrica de automóviles, donde detallan la utilización de ambos tipos de mantenimiento, así mismo los resultados obtenidos de dicha práctica y los que se puedan utilizar para futuros proyectos. (Ron & Ron, 1999)

Jhonny Alexander Maya Velásquez. Aplicación de RCM como estrategia de implementación del mantenimiento predictivo para la metodología TPM. Donde nos comprueba que la metodología del TPM a pesar de ser una de las mejores, no es suficiente para una buena gestión, pero se potencia al combinarla con RCM. (Maya, 2018)

Francis Paredes Rodríguez, ¿TPM, RCM o Ambos? Donde el autor nos muestra como la combinación de estas dos metodologías es aplicable y fructífera en distintas empresas nacionales, donde prestó servicios a través de incorporar estas dos metodologías en la gestión de las empresas. (Paredes, 2008)

Angello Giuria; Camila Noriega; Ernesto Altamirano, Modelo de gestión de mantenimiento basado en RCM y TPM para optimizar tiempos y costos dentro del ciclo de vida útil de activos náuticos. En esta investigación se propone un modelo novedoso que integra las buenas prácticas del TPM y el RCM, adaptando los métodos de análisis COFA y FMEA del RCM, así como los pilares mas importantes del TPM, en pro de poder reducir fallos sistemáticos, el desgaste acelerado y roturas de los activos. (Giuria, et al, 2022)

Jiju Antony; R. Kumar; A. Tiwari. Esta investigación se enfoca en la importancia del mantenimiento preventivo y predictivo para mejorar la confiabilidad del equipo en la fabricación. La combinación de TPM y RCM se presenta como una estrategia integral para optimizar la gestión de activos y reducir las pérdidas por paradas no programadas. (Antony et al., 2005)

1.6. Limitaciones

No se menciona datos de las máquinas eléctricas, ni se observó el tema eléctrico, ya que este estudio, va dirigido a un plan de mantenimiento mecánico, esto debido a que la gestión en la empresa Shougang Hierro Perú, mantiene al mantenimiento eléctrico, con otros planes y sistema. Incluyendo el motor, su acoplamiento, reductor y todos

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

los componentes que cuentan con sistemas eléctricos, no serán abordados en esta propuesta de mantenimiento.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CAPÍTULO II

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)

El RCM aparece por primera vez, aproximadamente por el año 1950 en la industria aeronáutica por algunos estudios realizado a diversos equipos, por temas de complejidad. Pero no es hasta una década después, en 1960 que los problemas de costos, eficiencia y rendimiento en los programas de mantenimiento alcanzaron su pico, dando como resultado que las Fuerzas Áreas Americanas (FAA) pongan en acción, un programa que mejore y finalice los problemas de fiabilidad que presentaban los métodos de mantenimiento preventivos de la época, este sistema era el Programa de Fiabilidad de la Industria Aérea, que buscaba rechazar el concepto de espera de tiempo adecuado para el mantenimiento de los equipos, que estaba dado por una edad adecuada. Por definición, la palabra mantener, se refiere a conservación de un mismo estado, por ello cuando hablamos de mantenimiento se nos viene a la cabeza el concepto de querer preservar algo, y con ello, el ¿Cómo hacerlo?, ¿En qué proporción hacerlo? Pero antes de poder resolver estas preguntas, la primera cuestión sería saber, ¿Qué tan viable es mantener ese elemento?, ya que cuando se adquiere un activo, elemento o equipo, se busca que realice con confiabilidad una función específica, (tomando esto como su capacidad nominal), y que a lo largo del tiempo sea capaz de seguir realizando dicha función, siendo el mantenimiento el responsable de mantener esta capacidad, mas no de hacerla creciente. Esto quiere decir que el mantenimiento es responsable, de mantener con vigencia los activos, no de mejorarlos, ya que, si desde un comienzo no pudieran realizar con efectividad la actividad deseada, no lo lograran tampoco con el tiempo ni con el mantenimiento por sí mismo. De ser este el caso, las opciones se vuelven más limitantes, ya sea, cambiando los activos, elementos y otros o simplemente bajando la expectativa que se tiene de la función a realizar. El RCM es consciente de la capacidad innata de mantener y no incrementar del mantenimiento. Así mismo el RCM como metodología aplicada, funciona conociendo como se relaciona la empresa, con sus activos, los elementos que la pueden componer y como operan estos. Es necesario saber, el funcionamiento de estos, tenerlos detallados y saber cuáles son, de alguna manera de ser posible tenerlo inventariados, para de esta manera, saber cuáles fallan, como fallan, y así determinar a quienes, es necesario aplicarles RCM, para que esto

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

se lleve a cabo, el RCM formula una serie de preguntas, que los nombra como “Las siete preguntas básicas del RCM” y esas preguntas son:

1. ¿Cuáles son las funciones?
2. ¿De qué forma puede fallar?
3. ¿Que causa que falle?
4. Que ocurre si falla
5. Importa si falla
6. ¿Qué se puede hacer para prevenir las fallas?
7. ¿Qué se puede hacer si no se puede prevenir o predecirse la falla? (Kennedy, 2006)

2.1.1. Funciones y sus estándares de funcionamiento

Una vez que se tiene establecido las respuestas del cuestionario anterior, el RCM empieza a seccionar, los elementos con sus funciones, áreas y empieza a estandarizar cada tarea, según sea la eficiencia y resultados que se requieran. EL RCM toma especial énfasis en las en las necesidades que se desean suplir con los equipos, según sea su contexto operacional. La racionalización que realiza el RCM a sus estándares va desde la calidad del producto, la atención al cliente, la consecuencia ambiental, la seguridad y sobre todo el costo de operación. (Moubray J. , 2021)

2.1.2. Fallas funcionales

Después de realizar el procedimiento anterior y teniendo en cuenta, que cada elemento ya tiene su función definida, se procede a evaluar cómo es que pueden estos elementos fallar, a esta actividad lo llamaremos Falla funcional, y a través del estándar realizado con anterioridad, veremos si los elementos son o no capaces de realizar su función al nivel que se estandarizo. (Moubray J. , 2021)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.1.3. Modos de falla (Causas de falla)

En este paso, analizaremos los llamados, Modos de falla, que son los que nos permitirán saber que problemas son capaces de quitarnos la capacidad de funcionamiento del activo. Este procedimiento nos abrirá paso a saber mejor, cual es el problema con el que lidiamos, es decir trataremos el problema de raíz no los daños de este. Este paso debe realizarse con sumo cuidado al momento de organizarlo y poder seccionarlo de buena manera, para poder entrar a tallar en los problemas que podemos tener control, y no a aquellos en los que están fuera de las manos de la empresa. (Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales , 2004)

2.1.4. Efectos de las fallas

Este procedimiento debería realizarse casi a la par del paso anterior, ya que en el momento que registramos el modo de falla, también debemos analizar el efecto de falla de este, ya que esto nos permitirá previsualizar que sucedería, si dejáramos ocurrir el daño y de esta manera poder clasificarlo correctamente y saber en qué momento sería más idóneo una intervención de ser necesario. Hasta este paso, podemos ver que ya contestando las primeras cuatro interrogantes del RCM, ya podríamos observar significantes mejoras en la seguridad y funcionamiento de los equipos, así mismo nos estaría ayudando a conocer mejor su manera de funcionar y operar de los activos. (Hernandez, 2021)

2.1.5. Consecuencias de las fallas

El RCM toma en cuenta los resultados obtenidos hasta el momento de las funciones, las fallas funcionales, los modos de falla y los efectos de estas, para finalmente poder concluir, en qué estado se encuentra el activo y si es necesario invertir en él o no, según sea clasificado. De ser necesario una intervención por parte del equipo de mantenimiento, también dictaminará la urgencia de esta y el esfuerzo que será necesario aplicar en él. Así mismo el RCM va a clasificar la consecuencia de fallas, y lo hará de la siguiente manera:

- Consecuencias de las fallas no evidentes o fallas ocultas
- Consecuencias sobre la seguridad y el medio ambiente
- Consecuencias operacionales

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Consecuencias que no son operacionales. (Moubray J. , 2004)

2.1.5.1. Consecuencias de las fallas no evidentes o fallas ocultas

Las fallas ocultas, tienen como principal característica, el no tener consecuencias directas sobre la estructura que se está formando o la organización en sí, pero a muy largo plazo pueda que sea un problema irreversible, si no se trata adecuadamente, es por esto que el RCM tiene una particular forma de abordar las fallas ocultas. Siendo consciente de la gravedad de estas a futuro, el RCM primero la reconoce como tal, luego le asigna una prioridad alta para poder finalmente darle una solución que se adecue al sistema de mantenimiento de la organización. (Bejarano & Fernandez, 2015)

2.1.5.2. Consecuencias sobre la seguridad y el medio ambiente

Se considera que una falla tiene repercusiones en la seguridad, si dicha falla afecta directamente de una forma física a un ser, del mismo modo, se considera que una falla afecta al medio ambiente, si esta no cumple con las leyes puestas por el estado o alguna institución gubernamental, también se puede considerar una infracción contra el ambiente, si este, se ve afectado directamente. Es decir, que el RCM es consciente de que su prioridad en este nivel es la de la seguridad y del medio ambiente, antes que la de la producción. (Pantaleón, 2021)

2.1.5.3. Consecuencias operacionales

En este nivel, por el contrario, al anteriormente ya mencionado, si se prioriza, si la falla tiene un efecto directo en la producción, ya sea en el trato hacia el cliente, el rendimiento, la capacidad operativa o el coste directo de producción, ya que todas las acciones anteriores, se traducen en coste de dinero para la empresa, lo cual se usa como punto de partida para saber, si el costo de mantenimiento para volverlas activas será viable. (Pantaleón, 2021)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 1

Consecuencias de aplicación de RCM

Nota: Fracttal, (2018).

2.1.5.4. Consecuencias no operacionales

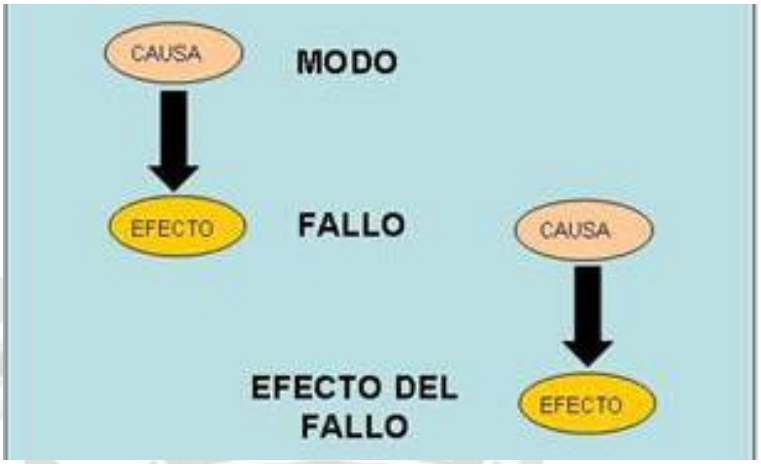
En este nivel, las fallas no tendrán repercusiones, sobre el activo, la producción, la seguridad o el ambiente, como en los anteriores niveles, por ende el RCM no hará más cuestionamientos, que el de invertir en una reparación directa, esto se debe a que el RCM a través de sus diversos cuestionamientos, se pregunta si las fallas tendrán consecuencias o no, de ser este el caso crea sistemas que se adapten a dichas medias, y de lo contrario, no hacerlas, para no perder el sistema que viene creando y así pueda seguir siendo proactivo en la solución que problemas que vendrá planteando. (Pantaleón, 2021)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 2

RCM como metodología causa - efecto



Nota: Moubray, (2021).

2.1.6. Tareas de mantenimiento

Aún existe un gran número de personas que tienen la mentalidad de que la manera más óptima de aumentar la confiabilidad de un activo, es a través de un mantenimiento con tiempos establecidos. Esto quiere decir que la manera de llevar este modelo de mantenimiento preventivo, es a través del cambio de elementos que puedan componer el activo, en periodos de tiempos fijos. Con este concepto se apuesta a que el activo trabaje de forma eficiente durante un periodo de tiempo y luego de este, empiece a fallar. Trabajando baje este modelo de mantenimiento se permite llevar un historial o registro de las fallas, para tener en cuenta el tiempo y la cuanta medida ocurren dichas fallas, así poder diagnosticar a tiempo las fallas, antes de que estas ocurran. Esta actividad se presenta en activos pequeños pero que tienen frecuencia de trabajo continua y también en activos más complejos y de mayor tamaño, pero con fallas no tan frecuentes, cabe recalcar que se ha observado que la mayoría de activos que presentan fallas como las mencionadas, son aquellos que tienen contacto directo con los productos, como puede ser una faja de transportación de mineral, donde la falla por desgaste es muy continua. Pero este sistema de mantenimiento es muy efectivo cuando las fallas no son tan agraviantes a la proactividad del equipo, pero si las fallas afectan de una mayor manera a la actividad del equipo, se tiene que tomar mayores medidas, es ahí donde el RCM entra a tallar, y

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

propone separar en cuatro tipos de tareas la manera de abordar estos problemas. (Bejarano & Fernandez, 2015)

2.1.6.1. Tareas “a condición”

Esta técnica se concentra en visualizar cuando las fallas ocurren de una frecuencia en que se pueden catalogar como potenciales, no se conviertan en fallas recurrentes. Llamamos a esta práctica de tareas a condición porque siguen el requisito de que sus elementos o activos, sigan cumplimiento con la condición o el requerimiento en el que se parametrizó. También se puede usar una tarea de “reacondicionamiento” cíclico o de sustitución cíclica, en caso de que se opte por trabajar cambiando e interviniendo los elementos al margen de su estado actual, si no basado en una frecuencia de trabajo establecida. En esta medida podemos observar otra ventaja que presenta el RCM, ya que no se complica mucho al momento de darnos a elegir con que método queremos elegir trabajar, ya que dada la situación que tengamos, podemos definir cuál de las dos practicas se ajusta mejor a nuestra realidad. (Navas, 2012)

2.1.6.2. Acciones “a falta de”

Como se mencionó con anterioridad, el RCM es en parte autónomo al momento de decidir si es que vale la pena o no, invertir en un esfuerzo proactivo, y esto dependerá de la respuesta que tengamos a la falla, por ello esto no solo se relaciona directamente al equipo, si no a todas las partes que lo involucran, como pueden ser:

2.1.6.2.1. El personal implicado

La base de esta metodología son las 7 preguntas del RCM que mencionamos anteriormente, y para poder desarrollarlas, no solo se puede contar con que un grupo de trabajo, las conteste, en específico, solo el equipo de mantenimiento no podrá dar respuesta a todas ellas, por ende es aquí donde el RCM nos invita a involucrar al equipo de operaciones o de producción, ya que estos, suelen tener mayor conocimiento del funcionamiento del equipo, que va ligado a que son las personas que pasan mayor parte del tiempo con los equipos. Para ello es importante que se

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

realicen capacitaciones, porque será estrictamente necesario, que estos operadores tengan conocimiento del RCM. (Navas, 2012)

2.1.6.2.2. Los facilitadores

Para poder implementar el RCM es necesario, un especialista en la metodología, no solo para que pueda guiar el correcto proceso de implementación, si no para que este certifique que se esté realizando el paso a paso de este sistema, a este participante se le conoce como facilitador. En específico, este debe velar por que se cumpla adecuadamente las 7 preguntas del RCM y en su estricto orden. También será muy importante que constate que se esté involucrando a las demás áreas, como son las de producción, operaciones y planeamiento y no solo el área de mantenimiento. Además de responsabilizarse por cumplir todas las reuniones en las fechas establecidas y a su vez de que se esté realizando la debida recolección de datos y cumplimiento de informes y documentación requerida. (Navas, 2012)

2.1.6.2.3. Los auditores

Cuando se tiene finalizado el proceso de implementación de esta metodología se delega a un encargado de revisar que se haya efectuado todo el proyecto correctamente, el paso a paso y el accionar ante las fallas analizadas.

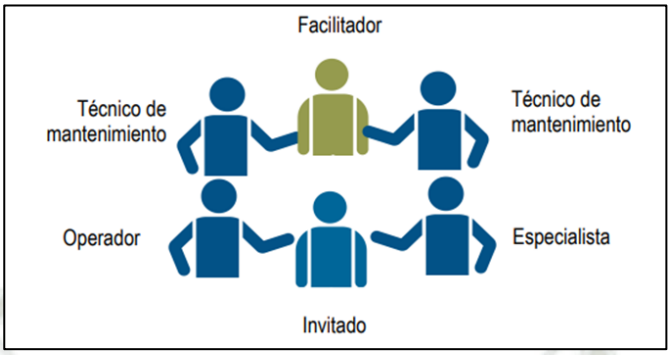
Cabe recalcar que no es necesario que se lleve una fiscalización auditoriamente, si no, que este puede ser realizada por alguien que se considere capacitado en la metodología. (Navas, 2012)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 3

Personal implicado



Nota: Moubray, (2021).

2.1.7. Los beneficios a conseguir por RCM

"El RCM ha sido implementado en distintas industrias a lo largo de los años, desde su creación, esto debido al alto beneficio que otorgan sus resultados. Podemos seccionar estos beneficios de alguna manera, como" (Bejarano & Fernandez, 2015).

2.1.7.1. Mayor seguridad y protección del entorno

Al concentrarse en las fallas y ver cuál podría ser su daño con proyección al futuro, nos permite centrarnos en nuestras estrategias de seguridad, asi como adquirir nuevos dispositivos de protección. También nos permite aminorar los daños secundarios y no solo centrarnos en las fallas evaluadas, debido al análisis y módulo de fallas, dándonos intervalos de intervención más adecuados. (Bejarano & Fernandez, 2015)

2.1.7.2. Mejores desempeños operativos

Debido al nuevo grado de conocimiento del equipo que se obtiene, se puede tener un mejor diagnóstico del activo, atreves de identificar correctamente las fallas, traduciéndose en menos paradas intempestivas o no programadas, así como fallas "tempranas" que se dan después de una intervención. También se puede contar con la eliminación de elementos y procesos poco confiables que no sean tan precisos y a su vez eficientes. (Bejarano & Fernandez, 2015)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.1.7.3. Mayor control de los costos del mantenimiento

Al acortar los procesos de mantenimientos no programados y fallas intempestivas, se disminuye el número de costos que estas intervenciones conllevan y a su vez, a menora el servicio de mantenimiento externo contratado por "especialistas" ya que se tendrá un mejor panorama del funcionamiento de los equipos y así mismo se tendrás las condiciones de trabajo más claras y con un mejor monitoreo de condiciones. (Bejarano & Fernandez, 2015)

Figura 4

Personal implicado

Nota: Moubray, (2021).

2.1.7.4. Una amplia base de datos de mantenimiento

Como resultado de poder acortar la brecha entre las áreas involucradas en el proceso y por el contrario permitir la interacción de estas, se obtiene un mejor manejo de información, permitiendo crear una amplia base de datos que se traducirá en mejores planos y manuales que servirán para tener un control de operaciones más exacto y poder elegir con más precisión los nuevos sistemas de trabajo cuando se requieran acoplar. (Navas, 2012)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.1.7.5. Promoción de participación de las personas

Con la implementación de esta práctica no solo se busca mejorar el equipo sino también a otro tipo de activo, como es el personal trabajador, ya que se sentirá motivado a interactuar y querer involucrarse más en el proceso de mejora, ya que percibirá que se le da la confianza de tener un mayor rango de éxito en la solución de sus problemas con los equipos trabajados. (Navas, 2012)

2.1.7.6. Mejora del rendimiento en el trabajo grupal

Así mismo uno de los aspectos más notorios será el involucramiento de las diversas áreas entre sí, mejorando la comunicación y la cooperatividad entre ellas, así mismo no solo las áreas interactuaran entre ellas, si no, también las diversas jefaturas, como los jefes de áreas, operadores, técnicos, expertos externos, vendedores de repuestos, entre otros. (Moubray J. , 2004)

2.2. Pasos para Implementar la Metodología RCM

Es preciso definir que los pasos para implementar la metodología RCM es relativa y subjetiva, por ello puede variar según la fuente que se utilice de respaldo y de la empresa o entidad que la aplique. Por ello nos apoyaremos en la norma SAE JA1011, la SAE JA1012 y el proceso de PMO2000 y realizaremos los siguientes 5 pasos para implementar el mantenimiento centrado en la confiabilidad en la faja transportadora. (Hernandez, 2021)

2.2.1. Paso 1: Definición de los Sistemas a través de la Taxonomía

Primero, definiremos los sistemas que componen a nuestra faja transportadora, así mismo a los subsistemas que conformaran los sistemas y finalmente disgregaremos los componentes que conforman nuestro equipo, para ello implicará que realicemos una taxonomía del activo físico. La taxonomía de equipos es un sistema de clasificación jerarquizado que permite organizar y categorizar los activos físicos de una organización de manera sistemática y estandarizada. Esta clasificación se basa en diversos criterios, como la función principal del equipo, su ubicación física, sus características técnicas y su relación con otros equipos. (Hernandez, 2021)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.2.1.1. Importancia de la Taxonomía de Equipos

"La implementación de una taxonomía de equipos en una organización ofrece múltiples beneficios, entre los que destacan" (Navas, 2012).

2.2.1.1.1. Mejora de la gestión de activos

La clasificación ordenada de los equipos facilita su inventario, seguimiento, control y mantenimiento, optimizando la utilización de los recursos disponibles y extendiendo la vida útil de los activos. (Rodriguez & Vega, 2022)

2.2.1.1.2. Eficiencia en la comunicación

La taxonomía proporciona un lenguaje común para que todos los involucrados en la gestión de activos (técnicos, ingenieros, gerentes) puedan referirse a los equipos de manera precisa e inequívoca, evitando confusiones y mejorando la colaboración. (Bejarano & Fernandez, 2015)

2.2.1.1.3. Toma de decisiones informadas:

"La clasificación jerarquizada de los equipos permite realizar análisis más profundos sobre su rendimiento, confiabilidad y costos de mantenimiento, lo que facilita la toma de decisiones estratégicas para la optimización de los activos" (Bejarano & Fernandez, 2015).

2.2.1.1.4. Cumplimiento de normas y regulaciones

"La taxonomía puede ser utilizada para cumplir con los requisitos de diversas normas y regulaciones relacionadas con la gestión de activos, como la norma ISO 14224" (Bejarano & Fernandez, 2015).

2.2.1.1.5. Niveles de la Taxonomía de Equipos

"La taxonomía de equipos se estructura en diferentes niveles, cada uno de los cuales aporta información específica sobre los activos" (Bejarano & Fernandez, 2015).

2.2.1.1.5.1. Nivel 01, Activo

Un objeto o entidad tangible o intangible que posee valor para una organización. Los activos pueden ser físicos, como maquinaria, equipos o vehículos; o intangibles, como propiedad intelectual, marcas

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

comerciales o patentes. Los activos son identificables, controlables y generan beneficios económicos para la organización. (Navas, 2012)

2.2.1.1.5.2. Nivel 02, Sistema

Un conjunto de activos interconectados e interdependientes que trabajan juntos para lograr un objetivo común. Los sistemas pueden ser simples, como un sistema de poleas y contrapesos, o complejos, como un sistema de generación de energía eléctrica. Los sistemas tienen límites definidos, entradas y salidas, y presentan un comportamiento emergente que no es atribuible a ninguno de sus componentes individuales. (Navas, 2012)

2.2.1.1.5.3. Nivel 03, Subsistema

Una parte de un sistema que cumple una función específica dentro del mismo. Los subsistemas pueden estar compuestos por otros subsistemas o componentes. Los subsistemas tienen límites definidos, entradas y salidas, y contribuyen al funcionamiento general del sistema del que forman parte. (Navas, 2012)

2.2.1.1.5.4. Nivel 04, Componente

Un elemento individual dentro de un subsistema que realiza una tarea específica. Los componentes pueden ser físicos, como un motor o una bomba; o lógicos, como un programa de software o una ecuación matemática. Los componentes tienen una función específica y definida dentro del subsistema al que pertenecen. (Navas, 2012)

2.2.1.1.5.5. Nivel 05, Parte

“La unidad más pequeña de la clasificación, un elemento indivisible que forma parte de un componente. Las partes pueden ser simples, como un tornillo o una tuerca; o complejas, como un circuito integrado o un chip” (Navas, 2012).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.2.2. Paso 2: Análisis de Criticidad

Una vez definidos todos nuestros, sistemas, subsistemas y componentes. Pasaremos a realizar un análisis de criticidad de los mismos, ello con la finalidad de poder cuantificar y priorizar riegos asociados a los probables modos de falla. El análisis de criticidad es una metodología fundamental para evaluar la importancia de activos, sistemas o procesos dentro de una organización. Su objetivo principal es clasificar estos elementos según su impacto potencial en caso de fallo, permitiendo así optimizar la toma de decisiones en materia de gestión de riesgos, asignación de recursos y mantenimiento preventivo. El análisis de criticidad se basa en la evaluación sistemática de dos factores clave. (Reliability and Risk Management, 2016)

2.2.2.1. Impacto

Las consecuencias negativas que ocasionaría la falla del elemento en cuestión. Se consideran aspectos como la seguridad, el medio ambiente, la producción, las finanzas y la reputación. (Reliability and Risk Management, 2016)

2.2.2.2. Probabilidad

La likelihood de que el elemento falle. Esto se determina tomando en cuenta factores históricos de fallas, la complejidad del diseño, las condiciones de operación y la calidad del mantenimiento. Al combinar la evaluación de estos dos factores, se obtiene una clasificación de criticidad que permite priorizar los activos que requieren mayor atención y recursos. (Reliability and Risk Management, 2016)

2.2.2.2.1. Métodos de Análisis de Criticidad

Existen diversos métodos para realizar un análisis de criticidad, cada uno con sus propias ventajas y desventajas. Pero para nuestro estudio hemos utilizado dos metodologías para poder comprobar los resultados y los riesgos que podemos enfrentar en nuestros equipos. (Reliability and Risk Management, 2016)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.2.2.2.2. Análisis de Criticidad por Factores Ponderados

El análisis de criticidad por factores ponderados (ACP) es una metodología cuantitativa ampliamente utilizada para evaluar la importancia relativa de activos, sistemas o procesos dentro de una organización. Su objetivo principal es clasificar estos elementos en función de su impacto potencial en caso de fallo, permitiendo así optimizar la asignación de recursos, las estrategias de mantenimiento y la toma de decisiones en general. (Belloso, 2019)

2.2.2.2.2.1. Cálculo del Índice de Criticidad (IC)

Una vez que se han asignado valores numéricos al impacto y la probabilidad de falla, se calcula el Índice de Criticidad (IC) mediante la siguiente fórmula.

IC = I x P

El IC es un valor adimensional que representa el nivel de criticidad global del elemento. Cuanto mayor sea el IC, mayor será la importancia del elemento y, por lo tanto, mayor atención y recursos requerirá. (Belloso, 2019)

2.2.2.2.3. Clasificación de Criticidad

En base al valor del IC, se suele establecer una clasificación de criticidad que agrupa los elementos en categorías como.

- Crítica: Elementos con un IC alto, que representan un riesgo significativo para la organización. Requieren atención prioritaria y medidas de control rigurosas.
- Alta: Elementos con un IC moderado, que representan un riesgo potencial que no debe ser ignorado. Se deben implementar medidas de control adecuadas para mitigar el riesgo.
- Media: Elementos con un IC medio, que representan un riesgo menor. Se deben realizar evaluaciones periódicas y tomar medidas de control básicas.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Baja: Elementos con un IC bajo, que representan un riesgo mínimo. Se pueden realizar evaluaciones menos frecuentes y aplicar medidas de control simples. (Belloso, 2019)

2.2.2.2.4. Selección de Pesos

En algunos casos, puede ser necesario ponderar la importancia relativa del impacto y la probabilidad de falla asignándoles pesos específicos. Esto se puede hacer utilizando diferentes métodos, como:

- Método de Cóndor: Asigna pesos iguales de 0.5 a ambos factores.
- Método de Kepner-Tregoe: Asigna un peso de 0.4 al impacto y uno de 0.6 a la probabilidad de falla.
- Método de Stapelton: Permite asignar pesos personalizados a cada factor según las prioridades de la organización.

La selección de pesos debe basarse en un análisis cuidadoso de las características específicas de la organización y los objetivos del análisis de criticidad. (Belloso, 2019)

2.2.2.2.5. Beneficios del ACP

El ACP ofrece numerosos beneficios para las organizaciones, entre los que se destacan:

- Mejora la toma de decisiones: Permite enfocar los recursos y esfuerzos en los activos que representan un mayor riesgo.
- Optimiza el mantenimiento preventivo: Ayuda a planificar y priorizar las actividades de mantenimiento, reduciendo así los costos por paradas no programadas.
- Reduce el riesgo de fallas: Al identificar los puntos críticos de falla, se pueden tomar medidas preventivas para minimizar su ocurrencia.
- Mejora la seguridad y la protección ambiental: Permite identificar los activos que representan un mayor riesgo para la seguridad o el medio ambiente, permitiendo tomar medidas para mitigar esos riesgos.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Aumenta la confiabilidad de los procesos: Al enfocarse en los activos críticos, se puede mejorar la confiabilidad general de los procesos y la producción. (Belloso, 2019)

2.2.2.2.6. Análisis de Criticidad de Ciliberti

El análisis de criticidad de Ciliberti, desarrollado por el ingeniero italiano Giorgio Ciliberti, es un método cuantitativo de análisis de criticidad ampliamente reconocido por su rigurosidad y capacidad para considerar múltiples factores que influyen en la criticidad de un activo. A diferencia de otros métodos. (Reliability and Risk Management, 2016)

2.2.2.2.6.1. Incorporación de Múltiples Factores

Va más allá de la evaluación simple del impacto y la probabilidad de falla, considerando factores adicionales como:

- Complejidad del Elemento: Se asigna un valor en función de la complejidad del diseño, la dificultad de reparación y la disponibilidad de repuestos.
- Criticidad del Proceso: Se considera la importancia del proceso en el que se utiliza el elemento y su impacto en la producción general.
- Dificultad de Reparación: Se asigna un valor en función del tiempo y los recursos necesarios para reparar el elemento en caso de falla. (Reliability and Risk Management, 2016)

2.2.2.2.6.2. Utilización de una Escala Logarítmica:

Emplea una escala logarítmica para asignar valores a los factores, permitiendo diferenciar con mayor precisión entre elementos con niveles de criticidad cercanos. Esto resulta particularmente útil para identificar aquellos elementos que se encuentran en el límite entre dos categorías de criticidad. (Reliability and Risk Management, 2016)

2.2.2.2.6.3. Alta Personalización

Ofrece gran flexibilidad para ajustar los pesos de los factores y la escala de criticidad según las necesidades específicas de la organización. Esto

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

permite adaptar el análisis a los diferentes contextos y prioridades de cada empresa. (Reliability and Risk Management, 2016)

2.2.2.2.7. Cálculo del Índice de Criticidad (IC)

El IC se calcula mediante una fórmula que considera todos los factores ponderados:

IC = (I x P x C x CR x D) ^ 0.5

Donde:

- **I:** Impacto
- **P:** Probabilidad de Falla
- **C:** Complejidad
- **CR:** Criticidad del Proceso
- **D:** Dificultad de Reparación

2.2.2.2.8. Clasificación de Criticidad

"Al igual que otros métodos, se establece una clasificación de criticidad basada en el valor del IC, generalmente en categorías como Crítica, Alta, Media y Baja" (Belloso, 2019).

2.2.2.2.9. Beneficios del Análisis de Criticidad de Ciliberti:

El método Ciliberti ofrece diversos beneficios, incluyendo:

- Evaluación más precisa y completa de la criticidad: Al considerar múltiples factores, proporciona una imagen más completa del riesgo asociado a cada elemento.
- Priorización más efectiva de recursos: Permite enfocar los recursos de mantenimiento y gestión de riesgos en los elementos que realmente lo requieren.
- Mejora en la toma de decisiones: Brinda información valiosa para la toma de decisiones estratégicas relacionadas con la seguridad, la confiabilidad y la eficiencia operativa.
- Reducción del riesgo de fallas: Ayuda a identificar los puntos críticos de falla y tomar medidas preventivas para minimizar su ocurrencia.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Optimización del mantenimiento preventivo: Permite planificar y programar las actividades de mantenimiento de manera más efectiva, reduciendo costos y mejorando la disponibilidad de los activos. (Belloso, 2019)

2.2.3. Paso 3: Análisis de los Modos de Fallas y sus Efectos (AMFE)

El Análisis de Modos de Fallas y Efectos (AMFE), también conocido como FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) por sus siglas en inglés, es una metodología ampliamente utilizada para identificar, analizar y prevenir fallas potenciales en sistemas, productos, procesos o servicios. Su objetivo principal es anticipar y eliminar posibles fallos en las etapas iniciales del diseño o desarrollo, evitando así costosos reprocesos, retrasos y problemas de calidad en el producto final. (Infinitia, 2021)

2.2.3.1. ¿En qué consiste el AMFE?

El AMFE se basa en un enfoque sistemático y estructurado que involucra a un equipo multidisciplinario con experiencia en el diseño, la fabricación, el mantenimiento y la operación del sistema o producto en cuestión. El equipo trabaja en conjunto para identificar todos los modos de falla potenciales, evaluar sus causas y efectos, y establecer acciones preventivas para minimizar su ocurrencia. (Infinitia, 2021)

2.2.3.2. Pasos del AMFE

El proceso de AMFE se desarrolla comúnmente en los siguientes pasos:

1. Definición del alcance: Se define claramente el sistema, producto, proceso o servicio a ser analizado, estableciendo los límites del estudio.
2. Diagrama de flujo: Se crea un diagrama de flujo que representa las etapas o pasos principales del sistema o proceso.
3. Identificación de componentes: Se identifican todos los componentes o elementos críticos del sistema o proceso.
4. Identificación de modos de falla: Para cada componente, se identifican todos los modos de falla potenciales, es decir, las formas en que el componente podría fallar.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5. Análisis de causas: Se analizan las causas potenciales de cada modo de falla, considerando factores como errores de diseño, defectos de materiales, problemas de fabricación o errores humanos.
6. Evaluación de efectos: Se evalúan los efectos de cada modo de falla, considerando su impacto en el funcionamiento del sistema, la seguridad, la calidad del producto o servicio, y los costos asociados.
7. Asignación de severidad (S): Se asigna un valor de severidad a cada modo de falla, representando la gravedad de sus consecuencias.
8. Asignación de ocurrencia (O): Se estima la probabilidad de ocurrencia de cada modo de falla, considerando la frecuencia histórica de fallas similares, la complejidad del diseño y la calidad de los procesos.
9. Asignación de detectabilidad (D): Se evalúa la probabilidad de detectar cada modo de falla durante las inspecciones o pruebas, considerando la efectividad de los controles de calidad y los métodos de monitoreo.
10. Cálculo del Número de Prioridad de Riesgo (NPR): Se calcula el NPR para cada modo de falla multiplicando los valores de severidad, ocurrencia y detectabilidad (NPR = S x O x D). El NPR sirve como indicador de la prioridad que debe darse a la atención de cada modo de falla.
11. Acciones preventivas: Se desarrollan e implementan acciones preventivas para eliminar o reducir la probabilidad de ocurrencia de los modos de falla con mayor NPR.

Documentación: Se documenta todo el proceso de AMFE, incluyendo los modos de falla identificados, las causas y efectos, las acciones preventivas y los responsables de su implementación. (Infinitia, 2021)

2.2.3.3. Beneficios del AMFE

El AMFE ofrece numerosos beneficios para las organizaciones, entre los que se destacan:

- Mejora la calidad del producto o servicio: Al identificar y prevenir fallas potenciales en las etapas tempranas del diseño o desarrollo, se reduce la

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

cantidad de defectos y reprocesos, lo que mejora la calidad final del producto o servicio.

- Reduce costos: La prevención de fallas evita costosos gastos asociados a reparaciones, garantías, rediseños y retrasos en la producción.
- Aumenta la seguridad: Al identificar y eliminar peligros potenciales, se reduce el riesgo de accidentes y lesiones, mejorando la seguridad general del sistema o proceso.
- Mejora la confiabilidad: Al minimizar la probabilidad de fallas, se aumenta la confiabilidad del sistema o proceso, lo que se traduce en un mejor rendimiento y una mayor vida útil.
- Promueve el trabajo en equipo: El AMFE fomenta el trabajo en equipo y la colaboración entre diferentes departamentos, lo que mejora la comunicación y la comprensión del sistema o proceso en su conjunto.

A continuación, mostraremos la plantilla propuesta para desarrollar nuestro análisis de modo de falla. (Infinitia, 2021)

Figura 5

Plantilla de Modos de Fallas y Efectos

Falla funcional	Modo de fallo			Causalidad	Causa raíz	Error humano
Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5	Nivel 6	Nivel 7

2.2.4. Paso 4: Formulación e Implantación de Plan de Mantenimiento Basado en RCM

El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad es una metodología de gestión de activos que se enfoca en la prevención de fallas y la optimización de la confiabilidad a través de un análisis sistemático de los modos de falla, sus causas y sus consecuencias. A diferencia del mantenimiento tradicional basado en tiempo o en condiciones, el RCM se basa en la identificación y eliminación de las causas raíz de las fallas, lo que permite reducir significativamente los costos de mantenimiento y mejorar la disponibilidad de los activos. (Cerna & Jara, 2022)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.2.4.1. Etapas para la Formulación e Implantación de un Plan de Mantenimiento Basado en RCM:

2.2.4.1.1. Preparación

- Establecer un equipo RCM: Se debe conformar un equipo multidisciplinario con experiencia en las áreas de ingeniería, mantenimiento, operación y producción.
- Seleccionar el activo a analizar: Se debe seleccionar un activo crítico para la organización, considerando su impacto en la producción, la seguridad o el medio ambiente.
- Recopilar información: Se debe recopilar toda la información disponible sobre el activo, incluyendo manuales técnicos, historiales de mantenimiento, datos de operación y registros de fallas. (López, 2022)

2.2.4.1.2. Definición de las Funciones

"Identificar las funciones del activo: Se deben identificar las funciones principales del activo y sus subfunciones, es decir, los resultados específicos que debe cumplir para satisfacer las necesidades de la organización" (Nayhua, 2018).

2.2.4.1.3. Análisis de Fallas

- Identificar los modos de falla: Se deben identificar todos los modos de falla potenciales del activo, es decir, las formas en que el activo podría fallar y dejar de cumplir sus funciones.
- Analizar las causas de las fallas: Para cada modo de falla, se deben analizar las causas raíz que lo provocan, considerando factores como errores de diseño, defectos de materiales, problemas de fabricación, errores humanos o condiciones ambientales adversas.
- Evaluar las consecuencias de las fallas: Se deben evaluar las consecuencias de cada modo de falla, considerando su impacto en la producción, la seguridad, el medio ambiente y los costos asociados. (Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales , 2004)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.2.4.1.4. Selección de Estrategias de Mantenimiento

- Estrategias de Prevención: Para cada modo de falla, se deben seleccionar las estrategias de prevención más adecuadas, como inspecciones, lubricaciones, ajustes, mejoras de diseño o cambios de materiales.
- Estrategias de Predicción: Se deben identificar los indicadores de falla que permitan predecir la ocurrencia de una falla antes de que esta suceda, permitiendo programar acciones de mantenimiento preventivo o correctivo.
- Estrategias de Monitoreo: Se deben establecer planes de monitoreo para detectar las fallas en sus etapas tempranas, permitiendo tomar acciones correctivas oportunas.
- Estrategias de Modificación: Para los modos de falla que no se pueden prevenir o predecir de manera efectiva, se deben considerar modificaciones en el diseño o la operación del activo para reducir su probabilidad de ocurrencia. (Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales , 2004)

2.2.4.1.5. Implementación del Plan de Mantenimiento RCM:

- Desarrollar procedimientos de mantenimiento: Se deben desarrollar procedimientos detallados para cada tarea de mantenimiento preventivo, predictivo o correctivo, incluyendo los pasos a seguir, los recursos necesarios y la frecuencia de ejecución.
- Capacitar al personal: Se debe capacitar al personal de mantenimiento en la implementación del plan RCM, incluyendo el conocimiento de las estrategias de mantenimiento seleccionadas, los procedimientos de mantenimiento y la utilización de las herramientas de monitoreo y diagnóstico.
- Implementar el sistema de gestión de mantenimiento: Se debe implementar un sistema de gestión de mantenimiento que permita planificar, programar, ejecutar y documentar las actividades de mantenimiento RCM.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Monitorear y evaluar el desempeño: Se debe monitorear y evaluar el desempeño del plan RCM de manera regular, analizando los indicadores clave de rendimiento (KPIs) como la tasa de fallas, la disponibilidad del activo y los costos de mantenimiento. (Romero, 2020)

2.2.5. Paso 5: Monitoreo de Resultados a lo largo del Tiempo

El monitoreo de resultados a lo largo del tiempo en un plan de mantenimiento es un componente crucial para evaluar su efectividad, identificar áreas de mejora y optimizar el uso de recursos. Un monitoreo adecuado permite tomar decisiones informadas sobre la estrategia de mantenimiento, realizar ajustes cuando sea necesario y demostrar el valor del plan a la alta gerencia. (Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales , 2004)

2.2.5.1. ¿Qué se debe monitorear?

Los indicadores clave de rendimiento (KPIs) específicos a monitorear dependerán del tipo de activo, la industria y los objetivos específicos del plan de mantenimiento. Sin embargo, algunos KPIs comunes incluyen:

- Tasa de fallas: La frecuencia con la que ocurren fallas en el activo. Una reducción en la tasa de fallas indica que el plan de mantenimiento está siendo efectivo.
- Disponibilidad del activo: El porcentaje de tiempo en que el activo está operativo y disponible para su uso. Una mayor disponibilidad del activo se traduce en una mayor productividad y menores costos operativos.
- Tiempo promedio de reparación (MTTR): El tiempo promedio que se tarda en reparar una falla una vez que esta ha ocurrido. Un MTTR menor indica una respuesta más rápida y eficiente a las fallas.
- Costos de mantenimiento: Los costos totales asociados con las actividades de mantenimiento, incluyendo mano de obra, materiales, repuestos y herramientas. Una reducción en los costos de mantenimiento indica que el plan está siendo efectivo en la prevención de fallas y la optimización de los recursos.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Satisfacción del cliente: La percepción de los usuarios del activo sobre su confiabilidad y rendimiento. Una mayor satisfacción del cliente indica que el plan de mantenimiento está cumpliendo con sus expectativas. (Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales , 2004)

2.2.5.2. ¿Cómo se debe realizar el monitoreo?

El monitoreo de resultados debe realizarse de manera sistemática y consistente para obtener datos confiables y comparables a lo largo del tiempo. Algunas prácticas recomendadas incluyen:

- Establecer una línea base: Definir valores iniciales para los KPIs antes de implementar el plan de mantenimiento. Esto permitirá comparar el desempeño del plan con la situación previa.
- Recopilar datos de manera regular: Establecer un programa para la recolección de datos de los KPIs seleccionados. La frecuencia de la recolección dependerá del tipo de activo y la naturaleza de los KPIs.
- Utilizar herramientas adecuadas: Existen diversas herramientas disponibles para la recolección, análisis y presentación de datos de mantenimiento. Seleccionar la herramienta adecuada que se ajuste a las necesidades y presupuesto de la organización.
- Analizar los datos: Analizar los datos recopilados para identificar tendencias, patrones y áreas de mejora. Utilizar técnicas estadísticas y gráficas para visualizar los datos y facilitar su comprensión.
- Comunicar los resultados: Compartir los resultados del monitoreo con las partes interesadas, incluyendo la alta gerencia, el equipo de mantenimiento y los usuarios del activo. La comunicación clara y efectiva permitirá tomar decisiones informadas sobre el plan de mantenimiento. (Infinitia, 2021)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.2.5.2.1. Beneficios del Monitoreo de Resultados

El monitoreo de resultados a lo largo del tiempo en un plan de mantenimiento ofrece numerosos beneficios, entre los que se destacan:

- Mejora continua: Permite identificar áreas de mejora en el plan de mantenimiento y realizar ajustes cuando sea necesario.
- Optimización del uso de recursos: Ayuda a optimizar el uso de recursos de mantenimiento, como mano de obra, materiales y repuestos.
- Demostración del valor del plan: Permite demostrar el valor del plan de mantenimiento a la alta gerencia y a otras partes interesadas.
- Toma de decisiones informadas: Brinda información valiosa para la toma de decisiones informadas sobre la estrategia de mantenimiento.
- Mejora de la confiabilidad y la disponibilidad del activo: Contribuye a mejorar la confiabilidad y la disponibilidad del activo, lo que se traduce en una mayor productividad y menores costos operativos. (Rodriguez & Vega, 2022)

2.3. Aplicación de RCM Y TPM

Es evidente que, en las últimas décadas, en los temas gerenciales ha habido múltiples avances y cambios, sin embargo, el tema de mantenimiento es uno de los que más ha sufrido transformaciones. Estos cambios se evidencian con la creciente adquisición y cambios de distintos activos, edificaciones, plantas, equipos, entre otros. Todo esto sumado a la corriente de cambios en sistemas, nuevos diseños, nuevas técnicas de mantenimiento, ideas de organización, etc. Estos cambios también se hacen observan en el mantenimiento, de manera que está más presente las repercusiones que se dan en el medio ambiente y en la seguridad por las fallas que se presenten en los equipos. Cada vez es más notorio el interés en la relación que guarda el mantenimiento con la calidad del activo y la preocupación constante de que el mantenimiento aplicado sea eficiente y reduzca costos. Estos diversos cambios y avances, están poniendo a prueba todo el tiempo a las diversas ramas y áreas de la industria. De esta manera los más afectados son el personal de mantenimiento, ya que ellos, como ingenieros o gerentes, tienen que estar a la vanguardia de todas las soluciones posibles, ya que, aunque con la llegada de la tecnología, todos los datos se vean computarizados, esta

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

avalancha de avances y problemas, cada vez acrecientan más la brecha entre el mantenimiento y las soluciones que esta brinda. Por ello están en busca de nuevas metodologías de mantenimiento, que no retrasen el avance de los proyectos, o reiniciando estos, que normalmente terminan siendo más problemáticos que la solución, por eso lo que buscan es reorganizar y estructurar distintas organizaciones, para que, de esta manera, todo pueda seguir un patrón coherente, y así poder elegir de manera más eficiente, la solución que más se adecue a su empresa. (Moubray J. , 1997)

La combinación del RCM y TPM tiene la ventaja de mejorar el proceso para facilitar el trabajo en equipo entre mantenimiento y las funciones de producción, mejorar la fiabilidad de las máquinas y reducir los costos de operación. Ambas tácticas son complementarias, pues mientras el TPM mejora la productividad, el RCM aumenta la confiabilidad y la competitividad. (Ron & Ron, 1999)

2.4. Mantenimiento productivo total (TPM)

Mientras que el inicio del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad tuvo lugar en el aire (industria aeronáutica) el Mantenimiento Productivo Total empezó en la tierra (industria automotriz). Para ser más preciso en Nippon Denso, en 1970 aparecería por primera vez en uno de los principales proveedores de la empresa Toyota, pero no como una gestión de trabajo como lo es hoy en día, solo sería pensado como un detallado control de calidad, que daría lugar a una mejor regulación de horas de trabajos y a una mayor participación de los empleados. Pero conforme fueron avanzando los años, llegaría Seiichi Nakajima, que, con una publicación, que no fue traducida a ingles hasta 1988, daría a conocer a la parte occidental del mundo, la importancia y beneficios que traía el implementar el TPM. No tuvo que pasar muchos años, para que, desde su puesta en escena, se evidenciara en las distintas industrias, que el TPM era una pieza faltante, para que un equipo alcanzara un rendimiento de clase mundial, sino que también acortara tiempos de mejoras, dando paso a un nuevo sistema de gestión, de procesos y sobre todo grandes cambios en la minería occidental. Hoy en día el Mantenimiento Productivo Total, es reconocimos como un gran potenciador de gestiones, no solo mejorando su calidad y la capacidad de estas, sino que también produce una significante reducción de costos, parametrizan el daño o impacto social y ambiental a las empresas que implementan su metodología de trabajo. (Kennedy, 2006)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.4.1. ¿Qué es la mejora orientada?

Cuando se habla de mejora orientada, se hace referencia a todos los procesos que nos ayuden a maximizar la eficiencia de un activo, esto, resultado de una evaluación y procesos que servirán para eliminar fallas o demoras presentes. Normalmente, se suele confundir o asociar el termino de "mejoras diarias" o "mejora continuas diarias" con el de "mejoras orientadas" y es que si bien, se pudiera realizar una mejora continua o un seguimiento diario de rutina para lograr estas mejoras continuas, si, no sería necesario aplicar una mejora orientada, pero en la práctica, es casi imposible lograr esto, ya que comúnmente, las empresas siempre estas o muy ocupadas con otras actividades o simplemente no se tiene un cultura de trabajo que incluya este proceso rutinario. Lo cual hace que las pérdidas y fallas continuas, nunca desaparezcan y por el contrario no se puede empezar un proceso de mejora. (Kennedy, 2006)

2.4.2. Pérdidas y los seis puntos principales

La finalidad de la mejora orientada es poder eliminar en su mayoría si es que no todas las fallas o perdidas que estas causen, para ello primero se debe identificar, calificarla, partiendo de ello, se puede tomar data, que servirá para compararlos estadísticamente y así saber cómo abordarlos, atreves de revisar su historial, retrocediendo, hasta llegar a la raíz del problema.

El sistema de trabajo que plantea el TPM es directo, ya que se centra en analizar los 4 punto principales en toda organización:

- Equipos
- Materiales
- Personas
- Métodos. (Kennedy, 2006)

Luego atreves de la información y estadísticas mencionadas con anterioridad se evaluará estos 4 puntos, centrándose en ver cuál de ellos tiene un baja en su desarrollo, atacando así los problemas, para mejorar la eficiencia de estos, que a su vez mejoran los procesos de manufactura. No hay que dejar de lado las características base que tiene toda industria:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- La producción es continua.
- El proceso en su conjunto es más importante que los equipos individuales.
- Las propiedades de los materiales procesados cambian por modos complejos.
- El proceso consume grandes cantidades de energía.
- Los operarios deben controlar una amplia gama de equipos.

Las industrias de procesos en general, como puede ser una empresa minera, suelen tomar o descartar algunas de las 7 pérdidas básicas, para de esta manera poder resaltar y así identificar cuáles son los problemas que se ven con regularidad en su entidad. Tomando como ejemplo los datos de la tabla 1 que nos muestra las 10 perdidas que podría tener una empresa de la industria en general. (Paredes, 2008)

Tabla 1

Pérdidas principales y temas de mejora asociada

PÉRDIDA	EJEMEPLOS DE TEMAS DE MEJORA ORIENTADA
Pérdidas de fallos de equipos	Eliminar los fallos mejorando la construcción de los cojinetes del eje principal de los separadores de productos
Pérdidas de fallos de procesos	Reducir el trabajo manual evitando la obstrucción de electrodos de medidor de pH en aparatos de descolorización
Pérdidas de tiempos en vacio y pequeñas paradas	Aumentar la capacidad de producción reduciendo disfunciones de descargadores de separadores
Pérdidas de velocidad	Incrementar la tasa de rendimiento mejorando el montaje de los agitadores en los cristalizadores
Pérdidas de defectos de procesos	Evitar la contaminación con materias extrañas mejorando la lucricación de cojinetes intermedios en transportadores de productos tipo tornillo
Pérdidas de arranque y rendimiento	Reducir las pérdidas de producción normal mejorando el trabajo de remezcla durante el arranque
Pérdidas de energía	Reducir el consumo de vapor concentrado la alimentación de líquido en el proceso de cristalizacón
Pérdidas de defectos de calidad	Eliminar las quejas de clientes evitando la adhesión del producto que resulta de la absorción de humedad por los sacos de productos de papel Krait
Pérdidas de fugas y derrames	Incrementar el rendimiento del producto mejorando el débil soporte de los cojinetes en los elevadores de cangilones
Pérdidas de trabajo manual	Reducir el número de trabajadores automatizando la recepción y aceptación de materiales auxiliares

Nota: Suzuki, (2017).

En resumidas cuentas, como todo proceso de busca de mejora, los que el Mantenimiento Productivo Total desea alcanzar con su puesta en práctica es una mejora de eficiencia en los procesos, a su vez disminuir el coste de operaciones en general, a través de la reducción de paradas por mantenimientos y fallas no

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

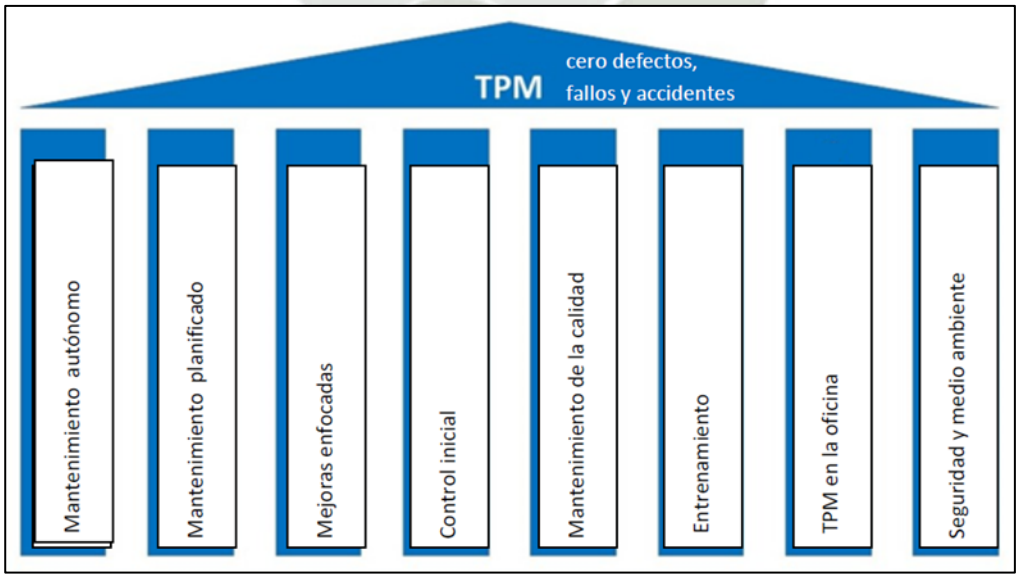
programas o intempestivas, que solo general un gasto de recursos, por una mala gestión de distintas áreas. El TPM busca lograr estos objetivos, a través del denominado, “tres ceros”:

1. Cero averías
2. Cero defectos
3. Cero accidentes

Si bien la propuesta de los tres ceros puede resultar en un sueño de producción industrial, la realidad es que es algo imposible, porque reducir fallas en todos los aspectos a un punto cero, es como buscar una vida sin ningún problema, ya que lograr cero fallas en una industria, requeriría un gasto de elementos infinitos para complacer tal demanda. Sin embargo, algo que también buscan las empresas hoy en día y es totalmente alcanzable por el TPM, que, dicho sea de paso, es el método más utilizado por las industrias para lograrlo, es el de reducción de costos por producción e incremento de capacidad de producción, todo esto, sin desperdiciar de manera excesiva recursos o elementos de la empresa, que se conoce como lean manufacturing. (Bejarano & Fernandez, 2015)

Figura 5

Pilares del Mantenimiento Productivo Total



Nota: Suzuki, (2017).

A manera de poder explicar cómo se constituye la formación para poder poner en práctica el TPM, se presenta la figura 2, que consiste de las metas o el objetivo

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

que se busca alcanzar en este proceso, siendo el parte superior (forma triangular) de nuestra estructura, los tres tipos de cero fallas. Como columnas de nuestra estructura, tenemos a los ocho pilares del TPM que si bien es el orden que se busca seguir, no demanda estrictamente su nivel de importancia. (Bejarano & Fernandez, 2015)

2.4.2.1. Mantenimiento autónomo

El primer pilar nos habla de una dependencia por parte del equipo de operaciones, es decir, el punto de partida de mantenimiento, no se dará por dicha área, en vez de ello, las tareas de inspección, limpieza, lubricación y algún cambio de componente, se daría por parte de los mismos operadores. Buscando así un sentido de propiedad del equipo y sintiendo una autonomía, rompiendo con la idea del trabajo donde uno opera y el otro arregla sin más. Evidentemente para este punto será necesaria, una capacitación de mantenimiento hacia el área de operaciones y claro por qué no hacerlo bajo la supervisión o de la mano del área de mantenimiento, mejorando así la comunicación entre dichas áreas y eliminar la brecha que pueda haber entre sus tareas de estos dos. (Bejarano & Fernandez, 2015)

2.4.2.2. Mantenimiento planificado

En esta propuesta de mantenimiento, se busca estar más que todo preparado para atender las fallas al menor tiempo posible, esto como resultado de un sistema de mantenimiento tanto preventivo como predictivo, para ello, será necesario almacenar la mayor información posible, o en todo caso, empezar a crear una base datos, que debe ser alimentada con la frecuencia de las fallas, de los mantenimientos, planos de los equipos, forma de ensamble, manuales y toda la información posible, a fin de tener listo, al personal adecuado e incluso stock de elementos y herramientas que se usarían para intervenir dichas fallas. En este tipo de plan de acción está ligado y se ocupa estrictamente el área de mantenimiento. (Bejarano & Fernandez, 2015)

2.4.2.3. Mejoras enfocadas

En este punto, nos centramos en la identificación del problema, y mas no solo buscar una solución a este, si no tratar de definir que lo ocasiono en primer lugar, para ello es necesario recurrir a una recopilación de datos previa, donde

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

podemos ver interactuar al área de operaciones, como a la de mantenimiento, buscando así poder definir, soluciones, al origen del problema, definir tiempos reales de trabajo, y delegar de manera óptima las nuevas responsabilidades. (Bejarano & Fernandez, 2015)

2.4.2.4. Control inicial

Aquí en comparación de todos los pilares previamente vistos, nos plantearemos métodos de trabajos antes de incluso adquirir un elemento o empezar un proyecto. En este momento nos basaremos en la experiencia del área de mantenimiento para saber que equipos serían los mejores para empezar una nueva línea de producción, sabiendo así, de manera inicial que tan fiables, productivos y seguros pueden ser todos los activos que se empezaran a adquirir. (Bejarano & Fernandez, 2015)

2.4.2.5. Mantenimiento de calidad

En este proceso, buscaremos que el equipo o elemento al que se desee hacer el mantenimiento, será viable el aplicar el "cero fallas". Esto a través del monitoreo del mismo, para este caso, no solo se basará en la producción y forma de operar del equipo si no tendrá que verse, los elementos que lo componen, como sus materiales, ya que esto permitirá un mejor y más rápido mantenimiento, esto será posible, si podemos: prevenir que el equipo baje su funcionalidad por error de malos componentes y a su vez, se visualice, que efectivamente hay una reducción en las incidencias. También saber identificar las fallas que se presentan ya se por un bajo rendimiento, mala calidad, entre otros, así mismo el saber cómo intervenirlos. (Bejarano & Fernandez, 2015)

2.4.2.6. Entrenamiento

Para este punto, se debe entender que para que haya una mejora notable, será necesario y fundamental crear interacciones entre distintas áreas, para que esto se logre, se deberá muchas veces hacer capacitaciones o charlas de ser necesario, para que las áreas empiecen hablar en términos iguales, esto a fin de lograr una compenetración entre ellos, un mejor ritmo de trabajo y de alguna manera fomentar y formar trabajadores más capaces y competentes incluso en nuevos temas de desarrollo. (Bejarano & Fernandez, 2015)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.4.2.7. TPM para oficinas

Aquí buscaremos lograr que las mejoras y la conexión entre departamentos, no solo se lleven a cabo en el ámbito practico y en el área de producción. Para ello se buscará involucrar a las áreas administrativas, de gerencia y altos mandos, a fin de que puedan colaborar con la ayuda de documentación y recolección de datos, a su vez facilitar la gestión de documentación y permisos para las distintas nuevas prácticas. Esto ayudará a que se vea en toda la organización de la empresa el involucramiento de todas las partes como también un equilibrio entre todos los organizadores, es decir la parte de producción y la administrativa. (Bejarano & Fernandez, 2015)

2.4.2.8. Seguridad y medio ambiente

El proceso en general del TPM no solo buscará una mejor eficiencia en la producción y en el rendimiento de los equipos, si no que será consciente de que, en todo este proceso, también debe buscar la seguridad y comodidad de los trabajadores en general. Así mismo no descuidar los detalles que involucren al medio ambiente y generar el impacto mínimo en este. Debido a que, no solo que las industrias mineras, si no, todas, se rigen bajo parámetros normativos que deben de cumplirse, sino que también al hacer ello, velan por la seguridad y tranquilidad de los trabajadores. Si una empresa logra seguir el paso a paso, mencionado hasta ahora y puede instalar en sí, la filosofía de trabajo que ofrece el Mantenimiento Productivo Total, debería obtener al final, como resultado de este, no solo una mejora de eficiencia y confiabilidad del equipo, sino que también un aumento en producción con disminución de fallas y rendimiento de los equipos, sin dejar de lado la satisfacción de los mismos trabajadores que deberían ser el activo más importante en una empresa. (Andrea & Sierra, 2017)

2.4.2.9. Etapas del método TPM

- Preparación: Consiste en crear un entorno adecuado para comenzar la implementación, enfocado en lograr la concienciación y el compromiso de toda la organización.
- Introducción: Se lleva a cabo el lanzamiento del proyecto.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Implementación: Se ejecutan todas las actividades destinadas a mejorar la eficiencia general de los equipos y sistemas.
- Consolidación: Una vez completadas las etapas anteriores, el siguiente desafío es mantener los resultados obtenidos. (Andrea & Sierra, 2017)

2.4.2.10. Beneficios del método TPM

"Podemos clasificar los beneficios del método TPM en dos categorías: tangibles (donde los resultados pueden medirse) e intangibles (donde no pueden medirse, pero se perciben durante el proceso)" (Andrea & Sierra, 2017).

2.4.2.11. Intangibles

Autogestión de los empleados, donde los operadores se encargan de sus propios equipos sin necesidad de supervisión directa. Establecimiento de confianza en sí mismos y una actitud proactiva en los empleados, lo que contribuye a la reducción del tiempo de inactividad y los defectos. Un lugar de trabajo que es limpio, organizado y agradable. Libro – TPM en Industrias de Procesos. (Suzuki, 1994)

2.4.2.12. Tangibles

Antes de detallar los beneficios tangibles, es importante mencionar que estos resultados fueron medidos en organizaciones que implementaron esta herramienta, como se describe en el libro "TPM en Industrias de Procesos" del autor Tokutaro Suzuki.

- Aumento de la productividad de una empresa entre un 50% y un 100%.
- Reducción del 90% en las paradas imprevistas.
- Incremento general de la eficiencia de la planta entre un 50% y un 100%.
- Disminución del 90% en los defectos de proceso.
- Reducción del 75% en las quejas de los clientes.
- Disminución de los costos de producción en hasta un 30%. (Lameirinhas, 2019)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.5. Pasos para Implementar la Metodología TPM

Continuando con la siguiente parte de nuestro plan de mantenimiento, ejecutaremos los 12 pasos que establece el Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas (JIPM), estos doce pasos se dividen en 4 fases:

2.5.1. Fase 1: Preparación

2.5.1.1. Paso 1: Anuncio de la Alta Dirección

La alta dirección debe comunicar oficialmente la decisión de implementar el TPM a toda la organización. Es importante destacar el compromiso y el apoyo de la gerencia para el éxito de la iniciativa. Para ello se realizará un oficio o memorándum, que se repartirá a todas las áreas involucradas, especificando el medio y fin de implementar un nuevo plan de mantenimiento, los problemas que se están suscitando y a los cuales se les buscará subsanar a través de esta nueva propuesta de mantenimiento, así mismo contará con la firma de todos los gerentes y superintendes para respaldar este proyecto y reafirmar el compromiso que se tendrá con este. (Tejada, 2019)

2.5.1.2. Paso 2: Lanzamiento de Campaña educacional

Se debe realizar un programa de capacitación integral para que todos los empleados comprendan los principios, objetivos y beneficios del TPM. La capacitación debe adaptarse a los diferentes niveles jerárquicos de la organización:

2.5.1.2.1. Objetivos de la Campaña Educacional

- Comunicar los principios y beneficios del TPM: Todos los empleados deben comprender qué es TPM, por qué se está implementando y cuáles son los beneficios esperados para la empresa y para ellos mismos.
- Generar entusiasmo y compromiso: Se debe crear un ambiente positivo y de entusiasmo en torno al TPM, donde los empleados se sientan motivados a participar activamente en su implementación.
- Desarrollar habilidades y conocimientos: Los empleados deben recibir la capacitación necesaria para desempeñar sus roles y responsabilidades dentro del programa TPM.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Fomentar una cultura de mantenimiento preventivo: Se debe crear una cultura en la que todos los empleados comprendan la importancia del mantenimiento preventivo y se responsabilicen de sus tareas. (Maya, 2018)

2.5.1.2.2. Estrategias para el Lanzamiento de la Campaña Educacional

- Comunicación efectiva: Se deben utilizar diversos canales de comunicación para llegar a todos los empleados, como reuniones informativas, presentaciones, boletines informativos, carteles y videos.
- Participación activa: Se deben organizar actividades que fomenten la participación activa de los empleados, como talleres, grupos de trabajo y concursos.
- Capacitación personalizada: Se deben ofrecer programas de capacitación adaptados a las necesidades específicas de cada grupo de empleados, desde operadores hasta gerentes.
- Reconocimiento y recompensas: Se deben reconocer y recompensar a los empleados que demuestren un compromiso y un desempeño sobresalientes en el programa TPM. (Polaridad, 2018)

2.5.1.2.3. Recursos para la Campaña Educacional:

- Materiales de capacitación: Existen diversos materiales de capacitación disponibles, tanto en formato físico como digital, que pueden ser utilizados para educar a los empleados sobre TPM.
- Consultores expertos: Se puede contratar consultores expertos en TPM para que brinden capacitación y asesoría a la empresa.
- Organizaciones de apoyo: Existen organizaciones que promueven la implementación de TPM y que pueden ofrecer recursos y apoyo a las empresas. (Polaridad, 2018)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.5.1.2.3.1. Ejemplo de actividades para la Campaña Educacional

- Taller introductorio al TPM: Este taller proporcionaría una descripción general del TPM, sus beneficios y cómo se implementará en la empresa.
- Capacitación en mantenimiento preventivo: Esta capacitación enseñaría a los empleados cómo realizar tareas básicas de mantenimiento preventivo en sus equipos.
- Concurso de ideas para mejorar el mantenimiento: Este concurso alentaría a los empleados a compartir sus ideas sobre cómo mejorar los procesos de mantenimiento en la empresa.
- Reconocimiento a los empleados destacados: Se reconocerían públicamente a los empleados que hayan demostrado un compromiso y un desempeño sobresalientes en el programa TPM. (Kennedy, 2006)

2.5.1.3. Paso 3: Creación de las Organizaciones para el TPM

Se debe establecer un Comité de Dirección del TPM para liderar la implementación y seguimiento del programa. Se deben crear grupos de trabajo específicos para cada uno de los pilares del TPM. Una vez que los empleados han sido educados sobre los principios y beneficios del TPM, y se han desarrollado las habilidades y conocimientos necesarios, es hora de establecer las estructuras organizacionales que respaldarán la implementación y el mantenimiento continuo del programa. (Ron & Ron, 1999)

2.5.1.3.1. Objetivos de la Creación de las Organizaciones para el TPM

- Establecer una estructura clara de liderazgo y responsabilidades: Se deben definir roles y responsabilidades claros para cada nivel de la organización, desde la alta dirección hasta los operadores de primera línea.
- Facilitar la comunicación y la colaboración: Se deben crear mecanismos efectivos para la comunicación y la colaboración entre los diferentes departamentos y áreas de la empresa.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Promover la participación activa de los empleados: Se deben crear oportunidades para que los empleados participen activamente en la toma de decisiones y la resolución de problemas relacionados con el TPM.
- Optimizar la implementación y el mantenimiento del TPM: Las organizaciones TPM deben estar diseñadas para apoyar la implementación efectiva del programa y garantizar su mantenimiento continuo a lo largo del tiempo. (Giuria, et al, 2022)

2.5.1.3.2. Tipos de Organizaciones para el TPM:

- Comité Promotor del TPM: Este comité está compuesto por miembros de la alta dirección y es responsable de proporcionar liderazgo y apoyo general al programa TPM.
- Oficina del TPM: Esta oficina está a cargo de la gestión diaria del programa TPM, incluyendo la coordinación de actividades, la capacitación, la comunicación y el monitoreo del progreso.
- Pilares del TPM: Estos grupos de trabajo se enfocan en cada uno de los pilares del TPM, como el mantenimiento autónomo, el mantenimiento planificado, la mejora enfocada y la gestión de la calidad.
- Grupos de Mejora Pequeños: Estos equipos multifuncionales se enfocan en la resolución de problemas específicos relacionados con el mantenimiento y la eficiencia. (Kennedy, 2006)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.5.1.3.3. Proceso de Creación de las Organizaciones para el TPM

1. Identificar las necesidades de la organización: Se debe realizar un análisis para identificar las necesidades específicas de la empresa en términos de estructura organizacional y recursos.
2. Definir la estructura organizacional: Se debe definir la estructura general de las organizaciones TPM, incluyendo los roles, responsabilidades y líneas de reporte.
3. Seleccionar a los miembros de los equipos: Se deben seleccionar a los miembros de los diferentes equipos en función de sus habilidades, experiencia y compromiso con el programa TPM.
4. Capacitar a los miembros de los equipos: Se debe proporcionar capacitación adecuada a los miembros de los equipos para que puedan cumplir con sus roles y responsabilidades de manera efectiva.
5. Desarrollar procedimientos y documentos: Se deben desarrollar procedimientos y documentos claros para guiar el funcionamiento de las organizaciones TPM.
6. Comunicar la nueva estructura: Se debe comunicar la nueva estructura organizacional a todos los empleados de manera clara y efectiva. (Martínez, 2016)

2.5.1.3.3.1. Consideraciones Importantes

- Adaptación a la cultura de la empresa: Las organizaciones TPM deben adaptarse a la cultura y estructura existentes de la empresa.
- Participación de los empleados: Es fundamental involucrar a los empleados en el proceso de creación de las organizaciones TPM.
- Comunicación continua: Se debe mantener una comunicación abierta y fluida entre las diferentes organizaciones TPM.
- Mejora continua: Las organizaciones TPM deben evaluarse y mejorarse continuamente para garantizar su efectividad. (Giuria, et al, 2022)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.5.1.4. Paso 4: Establecimiento de Políticas y Metas para el TPM

El establecimiento de políticas y metas claras y medibles es el cuarto paso crucial en la implementación exitosa de un programa de Mantenimiento Productivo Total (TPM). Una vez que se han creado las estructuras organizacionales para el TPM, es fundamental definir los lineamientos y objetivos que guiarán el programa hacia el logro de sus objetivos. (Martínez, 2016)

2.5.1.4.1. Objetivos del Establecimiento de Políticas y Metas para el TPM

- Alinear el TPM con la estrategia general de la empresa: Las políticas y metas del TPM deben estar alineadas con la visión, misión y objetivos estratégicos de la organización.
- Proporcionar una dirección clara: Las políticas y metas deben proporcionar una dirección clara y específica para las actividades de TPM, asegurando que todos los esfuerzos estén enfocados en el logro de los resultados deseados.
- Motivar y comprometer a los empleados: Metas desafiantes pero alcanzables pueden motivar a los empleados y fomentar su compromiso con el programa TPM.
- Medir el progreso y evaluar el éxito: Las metas cuantificables permiten medir el progreso del programa TPM y evaluar su efectividad en general. (Kennedy, 2006)

2.5.1.4.1.1. Tipos de Políticas y Metas para el TPM:

- Políticas generales de TPM: Estas políticas definen los principios y valores fundamentales que guiarán el programa TPM en toda la organización.
- Metas de reducción de pérdidas: Estas metas se enfocan en la reducción de los diferentes tipos de pérdidas asociadas al mantenimiento, como fallas, tiempos de inactividad, desperdicios y defectos.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Metas de mejora de la eficiencia: Estas metas se enfocan en la mejora de la eficiencia general de los equipos y procesos, como la reducción de tiempos de ciclo, el aumento de la tasa de rendimiento y la optimización del uso de recursos.
- Metas de desarrollo de competencias: Estas metas se enfocan en el desarrollo de las habilidades y conocimientos de los empleados relacionados con el TPM, como la capacitación en mantenimiento preventivo, resolución de problemas y trabajo en equipo.
- Metas de cultura TPM: Estas metas se enfocan en la creación de una cultura de mantenimiento preventivo y mejora continua en toda la organización. (Giuria, et al, 2022)

2.5.1.4.1.2. Proceso de Establecimiento de Políticas y Metas para el TPM

- Revisar la visión y estrategia de la empresa: Es fundamental comprender la visión, misión y objetivos estratégicos de la empresa para que las políticas y metas del TPM estén alineadas.
- Identificar las necesidades y prioridades: Se deben identificar las necesidades y prioridades específicas de la empresa en términos de mantenimiento y eficiencia.
- Analizar los datos históricos: Se deben analizar los datos históricos relacionados con el mantenimiento, la eficiencia y las pérdidas para establecer metas realistas.
- Establecer políticas generales de TPM: Se deben definir las políticas generales que guiarán el programa TPM en toda la organización.
- Desarrollar metas específicas y medibles: Se deben establecer metas específicas, medibles, alcanzables, relevantes y con un plazo determinado (SMART) para cada área de enfoque del TPM.
- Comunicar las políticas y metas a todos los empleados: Se deben comunicar de manera clara y efectiva las políticas y metas del TPM a todos los empleados de la organización.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Establecer mecanismos de seguimiento y evaluación: Se deben establecer mecanismos para monitorear el progreso hacia el logro de las metas y evaluar la efectividad del programa TPM de manera regular. (Martínez, 2016)

2.5.1.4.1.3. Consideraciones Importantes:

- Participación de los empleados: Es fundamental involucrar a los empleados en el proceso de establecimiento de políticas y metas para el TPM.
- Alcance real de las metas: Las metas deben ser desafiantes pero alcanzables para motivar a los empleados y garantizar el éxito del programa.
- Flexibilidad: Las políticas y metas deben ser flexibles para adaptarse a los cambios en las necesidades y prioridades de la empresa.
- Comunicación continua: Se debe mantener una comunicación abierta y continua sobre las políticas, metas y progreso del programa TPM. (Polaridad, 2018)

2.5.2. Fase 2: Introducción

2.5.2.1. Paso 5: Mejoras Iniciales en la Seguridad

El quinto pilar del Mantenimiento Productivo Total (TPM), conocido como Control Inicial o Gestión Temprana, se centra en la integración de la seguridad desde las primeras etapas de un proyecto o la adquisición de nuevos equipos. El objetivo es prevenir accidentes y crear un entorno de trabajo seguro desde el diseño e instalación de los equipos. (Polaridad, 2018)

2.5.2.1.1. Pasos para implementar mejoras iniciales en la seguridad para el TPM

2.5.2.1.1.1. Establecer un equipo de seguridad

- Este equipo debe estar compuesto por representantes de diferentes áreas, como ingeniería, producción, mantenimiento y seguridad.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Su función principal será identificar, evaluar y mitigar los riesgos de seguridad asociados con los nuevos equipos o las modificaciones a equipos existentes. (Polaridad, 2018)

2.5.2.1.1.2. Identificar peligros y evaluar riesgos:

- Realizar un análisis exhaustivo de los equipos para identificar peligros potenciales, como puntos de pellizco, partes móviles, riesgos eléctricos, químicos o ergonómicos.
- Utilizar herramientas como el Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP) o la Evaluación de Riesgos para evaluar la gravedad del riesgo de cada peligro identificado. (Polaridad, 2018)

2.5.2.1.1.3. Implementar medidas de control

Desarrollar e implementar medidas de control para eliminar o reducir los riesgos identificados. Estas medidas pueden incluir:

- Ingeniería: Modificar el diseño del equipo para eliminar peligros.
- Protecciones: Instalar protecciones físicas, como barreras, resguardos o sistemas de enclavamiento.
- Procedimientos: Desarrollar e implementar procedimientos de trabajo seguros para la operación y mantenimiento de los equipos.
- Capacitación: Brindar capacitación adecuada a los operadores sobre los riesgos asociados a su trabajo y los procedimientos de seguridad establecidos. (Polaridad, 2018)

2.5.2.1.1.4. Documentar y comunicar las mejoras

- Documentar todas las mejoras en seguridad realizadas, incluyendo los peligros identificados, las medidas de control implementadas y los responsables de su mantenimiento.
- Comunicar las mejoras a todos los trabajadores involucrados en la operación y mantenimiento de los equipos. (Polaridad, 2018)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.5.2.1.1.5. Monitorear y revisar

- Monitorear la efectividad de las medidas de control implementadas y realizar revisiones periódicas para identificar nuevos riesgos o cambios en los existentes.
- Actualizar las medidas de control según sea necesario para garantizar un entorno de trabajo seguro. (Polaridad, 2018)

2.5.2.2. Paso 6: Mejoras Iniciales en la Autonomía de Mantenimiento

El sexto pilar del Mantenimiento Productivo Total (TPM), conocido como Optimización de la Autonomía de Mantenimiento, se enfoca en empoderar a los operadores para que asuman la responsabilidad del mantenimiento básico de sus equipos. Este pilar busca desarrollar las habilidades y conocimientos de los operadores para que puedan realizar tareas como:

- Inspección autónoma: Identificar anomalías y problemas potenciales en los equipos.
- Limpieza autónoma: Mantener los equipos limpios y libres de contaminantes.
- Lubricación autónoma: Lubricar los equipos según sea necesario.
- Mantenimiento básico: Realizar tareas de mantenimiento simples, como ajustes y cambios de repuestos básicos. (Tejada, 2019)

2.5.2.2.1. Beneficios de implementar Mejoras Iniciales en la Autonomía de Mantenimiento para el TPM

- Mayor confiabilidad de los equipos: Al involucrar a los operadores en el mantenimiento diario, se pueden detectar y corregir problemas potenciales de manera temprana, lo que reduce el riesgo de fallas.
- Reducción de costos de mantenimiento: Al delegar tareas de mantenimiento básico a los operadores, se libera tiempo al personal de mantenimiento especializado para que se enfoque en tareas más complejas.
- Mejora de la moral y el compromiso de los empleados: Empoderar a los operadores para que asuman la responsabilidad del mantenimiento

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

de sus equipos les da un mayor sentido de propiedad y aumenta su compromiso con la producción.

- Mayor conocimiento de los equipos: Al participar en el mantenimiento de los equipos, los operadores desarrollan un mejor conocimiento de su funcionamiento y cómo identificar problemas potenciales. (Tejada, 2019)

2.5.2.2.2. Pasos para implementar Mejoras Iniciales en la Autonomía de Mantenimiento para el TPM:

2.5.2.2.2.1. Seleccionar equipos piloto

- Comenzar con un pequeño grupo de equipos que sean relativamente simples y fáciles de mantener.
- Asegurarse de que los equipos seleccionados sean representativos de la diversidad de equipos en la planta. (Tejada, 2019)

2.5.2.2.2.2. Capacitar a los operadores

- Brindar a los operadores la capacitación necesaria para realizar las tareas de mantenimiento básico de los equipos seleccionados.
- La capacitación debe incluir tanto teoría como práctica, y debe adaptarse al nivel de conocimiento y experiencia de los operadores. (Tejada, 2019)

2.5.2.2.2.3. Desarrollar estándares de trabajo:

- Crear estándares claros y concisos para las tareas de inspección, limpieza, lubricación y mantenimiento básico de los equipos.
- Los estándares deben incluir instrucciones paso a paso, ilustraciones y diagramas, y deben estar fácilmente disponibles para los operadores. (Tejada, 2019)

2.5.2.2.2.4. Implementar un sistema de seguimiento

- Establecer un sistema para que los operadores registren las actividades de mantenimiento que realizan.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- El sistema de seguimiento debe ser simple y fácil de usar, y debe permitir identificar tendencias y áreas de mejora. (Tejada, 2019)

2.5.2.2.2.5. Mejorar continuamente

- Revisar periódicamente los estándares de trabajo y el sistema de seguimiento para identificar oportunidades de mejora.
- Brindar capacitación adicional a los operadores según sea necesario.
- Expandir el programa de Autonomía de Mantenimiento a otros equipos en la planta. (Tejada, 2019)

2.5.3. Fase 3: Implementación

2.5.3.1. Paso 7: Estructuración del Mantenimiento Funcional

El séptimo pilar del Mantenimiento Productivo Total (TPM), conocido como Mantenimiento Funcional, se enfoca en establecer una estructura organizacional efectiva para la gestión del mantenimiento. Este pilar busca optimizar los recursos humanos y materiales dedicados al mantenimiento, y garantizar la comunicación y colaboración entre los diferentes departamentos involucrados. (Giuria, et al, 2022)

2.5.3.1.1. Beneficios de implementar la estructuración del mantenimiento funcional para el TPM:

- Mayor eficiencia en el mantenimiento: Una estructura funcional bien definida permite optimizar la asignación de recursos, reducir tiempos de respuesta y mejorar la calidad de las intervenciones de mantenimiento.
- Mejor comunicación y colaboración: La estructura funcional facilita la comunicación entre los diferentes departamentos involucrados en el mantenimiento, como producción, ingeniería y mantenimiento. Esto permite una mejor coordinación de las actividades de mantenimiento y una resolución más rápida de problemas.
- Mayor responsabilidad y compromiso: Al asignar responsabilidades claras a cada departamento o equipo funcional, se aumenta el sentido

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

de responsabilidad y compromiso con los resultados del mantenimiento.

- Mejora continua: La estructura funcional proporciona un marco para la identificación de oportunidades de mejora en los procesos de mantenimiento. (Suzuki, 1994)

2.5.3.1.2. Pasos para implementar la estructuración del mantenimiento funcional para el TPM

2.5.3.1.2.1. Definir las funciones de mantenimiento

- Identificar las diferentes funciones o tareas de mantenimiento que deben realizarse.
- Agrupar las funciones de mantenimiento según criterios lógicos, como tipo de equipo, tecnología o ubicación. (Tejada, 2019)

2.5.3.1.2.2. Asignar responsabilidades

- Asignar cada función de mantenimiento a un departamento o equipo específico.
- Asegurarse de que cada departamento o equipo tenga las habilidades, los recursos y la autoridad necesarios para cumplir con sus responsabilidades. (Tejada, 2019)

2.5.3.1.2.3. Establecer canales de comunicación

- Crear canales de comunicación claros y efectivos entre los diferentes departamentos o equipos funcionales.
- Definir protocolos para la comunicación de información, solicitudes de mantenimiento y resolución de problemas. (Tejada, 2019)

2.5.3.1.2.4. Desarrollar indicadores de desempeño:

- Establecer indicadores de desempeño (KPIs) para medir la efectividad de cada función de mantenimiento.
- Monitorear los KPIs de manera regular y tomar acciones correctivas cuando sea necesario. (Tejada, 2019)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.5.3.1.2.5. Implementar un sistema de gestión del mantenimiento

- Implementar un sistema de gestión del mantenimiento (CMMS) para apoyar la gestión de las actividades de mantenimiento.
- El CMMS debe permitir la planificación, programación, ejecución y seguimiento de las tareas de mantenimiento. (Giuria, et al, 2022)

2.5.3.1.2.6. Capacitar al personal

- Brindar al personal la capacitación necesaria para cumplir con sus responsabilidades dentro de la estructura funcional de mantenimiento.
- La capacitación debe incluir tanto aspectos técnicos como habilidades interpersonales y de comunicación. (Tejada, 2019)

2.5.3.1.2.7. Mejorar continuamente

- Revisar periódicamente la estructura funcional de mantenimiento para identificar oportunidades de mejora.
- Implementar cambios en la estructura cuando sea necesario para adaptarse a las nuevas necesidades o condiciones. (Martínez, 2016)

2.5.3.2. Paso 8: Mejora de la Eficiencia del Mantenimiento Preventivo

El octavo y último pilar del Mantenimiento Productivo Total (TPM), conocido como Mejora Continua del Mantenimiento Preventivo, se enfoca en optimizar las actividades de mantenimiento preventivo para maximizar su efectividad y reducir costos. Este pilar busca eliminar las pérdidas asociadas al mantenimiento preventivo, como.

- Mantenimiento innecesario: Realizar tareas de mantenimiento que no son necesarias o que se realizan con demasiada frecuencia.
- Tiempos de parada excesivos: El tiempo que los equipos están fuera de servicio durante las intervenciones de mantenimiento preventivo.
- Ineficiencia en las tareas de mantenimiento: Falta de organización, herramientas inadecuadas o procedimientos poco eficientes. (Tejada, 2019)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.5.3.2.1. Beneficios de implementar la mejora de la eficiencia del mantenimiento preventivo para el TPM

- Reducción de costos de mantenimiento: Al eliminar las pérdidas asociadas al mantenimiento preventivo, se pueden reducir significativamente los costos totales de mantenimiento.
- Mayor disponibilidad de los equipos: Al optimizar las actividades de mantenimiento preventivo, se puede reducir el tiempo de parada de los equipos y aumentar su disponibilidad para la producción.
- Mejora de la confiabilidad de los equipos: Un mantenimiento preventivo efectivo ayuda a prevenir fallas y averías, lo que mejora la confiabilidad de los equipos y reduce el riesgo de paradas no planificadas.
- Mayor eficiencia general de la planta: Al reducir los tiempos de parada y mejorar la confiabilidad de los equipos, se puede aumentar la eficiencia general de la planta y la productividad. (Rodriguez & Vega, 2022)

2.5.3.2.2. Pasos para implementar la mejora de la eficiencia del mantenimiento preventivo para el TPM

2.5.3.2.2.1. Realizar un análisis del mantenimiento preventivo actual:

- Identificar las tareas de mantenimiento preventivo que se están realizando actualmente.
- Evaluar la frecuencia con la que se realizan las tareas.
- Analizar el tiempo que se tarda en realizar cada tarea.
- Determinar los costos asociados a cada tarea. (Rodriguez & Vega, 2022)

2.5.3.2.2.2. Identificar las pérdidas asociadas al mantenimiento preventivo

- Identificar las tareas de mantenimiento innecesarias o que se realizan con demasiada frecuencia.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Identificar los tiempos de parada excesivos durante las intervenciones de mantenimiento preventivo.
- Identificar las ineficiencias en las tareas de mantenimiento. (Rodriguez & Vega, 2022)

2.5.3.2.2.3. Implementar medidas para eliminar las pérdidas

- Eliminar las tareas de mantenimiento innecesarias.
- Optimizar la frecuencia con la que se realizan las tareas de mantenimiento preventivo.
- Reducir los tiempos de parada durante las intervenciones de mantenimiento preventivo.
- Implementar mejoras en la eficiencia de las tareas de mantenimiento. (Castro, 2024)

2.5.3.2.2.4. Monitorear y medir los resultados

- Monitorear los indicadores clave de desempeño (KPIs) relacionados con el mantenimiento preventivo.
- Medir la reducción de costos de mantenimiento.
- Medir el aumento de la disponibilidad de los equipos.
- Medir la mejora de la confiabilidad de los equipos.
- Medir la mejora de la eficiencia general de la planta. (Castro, 2024)

2.5.3.2.2.5. Implementar mejoras continuas

- Buscar continuamente nuevas oportunidades para mejorar la eficiencia del mantenimiento preventivo.
- Implementar proyectos de mejora continua relacionados con el mantenimiento preventivo.
- Compartir las mejores prácticas con otros departamentos o plantas. (Rodriguez & Vega, 2022)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.5.3.3. Paso 9: Implementación del Mantenimiento Autónomo de Calidad

El Mantenimiento Autónomo de Calidad (MAC) es una extensión del Mantenimiento Autónomo (MA), el sexto pilar del Mantenimiento Productivo Total (TPM). El MAC se enfoca en empoderar a los operadores para que asuman la responsabilidad de mantener la calidad de los productos a través de la identificación y prevención de defectos. (Suzuki, 2017)

2.5.3.3.1. Beneficios de implementar el Mantenimiento Autónomo de Calidad

- Reducción de defectos: Al involucrar a los operadores en la identificación y prevención de defectos, se puede reducir significativamente la cantidad de productos defectuosos.
- Mejora de la calidad del producto: Un enfoque preventivo en la calidad ayuda a garantizar que los productos cumplan con los estándares de calidad establecidos.
- Mayor satisfacción del cliente: Al reducir los defectos y mejorar la calidad del producto, se aumenta la satisfacción del cliente y se reduce el riesgo de reclamos y devoluciones.
- Mayor compromiso de los empleados: Empoderar a los operadores para que asuman la responsabilidad de la calidad de su trabajo les da un mayor sentido de propiedad y aumenta su compromiso con la producción. (Bejarano & Fernandez, 2015)

2.5.3.3.2. Pasos para implementar el Mantenimiento Autónomo de Calidad

2.5.3.3.2.1. Sensibilizar y capacitar a los operadores

- Brindar a los operadores una comprensión básica de los principios del MAC y su importancia para la calidad del producto.
- Capacitar a los operadores en técnicas de identificación y prevención de defectos.
- Enseñar a los operadores cómo utilizar herramientas y equipos de control de calidad. (Bejarano & Fernandez, 2015)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.5.3.3.2.2. Definir las actividades de MAC

- Establecer actividades de MAC específicas para cada equipo o proceso productivo.
- Asegurarse de que las actividades de MAC sean realistas y alcanzables para los operadores.
- Incluir actividades de inspección, limpieza, lubricación y mantenimiento básico relacionadas con la calidad. (Bejarano & Fernandez, 2015)

2.5.3.3.2.3. Implementar estándares de calidad

- Desarrollar estándares de calidad claros y concisos para los productos.
- Comunicar los estándares de calidad a todos los operadores.
- Utilizar los estándares de calidad como referencia para las actividades de MAC. (Bejarano & Fernandez, 2015)

2.5.3.3.2.4. Implementar un sistema de seguimiento

- Establecer un sistema para que los operadores registren las actividades de MAC que realizan.
- El sistema de seguimiento debe permitir identificar tendencias y áreas de mejora.
- Utilizar los datos del sistema de seguimiento para tomar acciones correctivas y mejorar los procesos. (Bejarano & Fernandez, 2015)

2.5.3.3.2.5. Mejorar continuamente

- Revisar periódicamente las actividades de MAC y los estándares de calidad para identificar oportunidades de mejora.
- Implementar proyectos de mejora enfocados en la reducción de defectos y la mejora de la calidad.
- Compartir las mejores prácticas con otros departamentos o plantas. (Hernandez, 2021)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.5.4. Fase 4: Consolidación

2.5.4.1. Paso 10: Optimización de la Eficiencia General de los Equipos (OEE)

La Optimización de la Eficiencia General de Equipos (OEE) es el décimo y último pilar del Mantenimiento Productivo Total (TPM). Este pilar se enfoca en maximizar la utilización de los equipos para alcanzar la mayor producción posible con la mínima cantidad de recursos. La OEE se calcula como el producto de tres factores:

- Disponibilidad: El porcentaje de tiempo que el equipo está disponible para operar.
- Desempeño: La eficiencia con la que el equipo opera cuando está disponible.
- Calidad: El porcentaje de productos que cumplen con los estándares de calidad. (Lameirinhas, 2019)

2.5.4.1.1. Beneficios de implementar la Optimización de la Eficiencia General de Equipos

- Mayor productividad: Al maximizar la utilización de los equipos, se puede aumentar significativamente la producción sin necesidad de invertir en nuevos equipos.
- Reducción de costos: La OEE ayuda a reducir costos de producción al minimizar el desperdicio de materiales, energía y mano de obra.
- Mejora de la competitividad: Una mayor eficiencia general de los equipos permite a las empresas ser más competitivas en el mercado.
- Mayor satisfacción del cliente: Al aumentar la producción y reducir costos, las empresas pueden ofrecer productos de mejor calidad a precios más bajos, lo que aumenta la satisfacción del cliente. (Lameirinhas, 2019)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.5.4.1.2. Pasos para implementar la Optimización de la Eficiencia General de Equipos

2.5.4.1.2.1. Establecer métricas de OEE

- Definir las métricas de OEE específicas para cada equipo o línea de producción.
- Calcular la OEE de manera regular para identificar áreas de mejora. (Lameirinhas, 2019)

2.5.4.1.2.2. Identificar las pérdidas

- Clasificar las pérdidas que afectan la OEE en tres categorías: pérdidas por disponibilidad, pérdidas por desempeño y pérdidas por calidad.
- Utilizar herramientas como el análisis de Pareto para identificar las pérdidas más significativas. (Lameirinhas, 2019)

2.5.4.1.2.3. Implementar medidas para eliminar las pérdidas

- Desarrollar e implementar planes de acción para eliminar las pérdidas identificadas.
- Los planes de acción deben estar enfocados en la mejora de la disponibilidad, el desempeño y la calidad. (Lameirinhas, 2019)

2.5.4.1.2.4. Monitorear y medir los resultados

- Monitorear el progreso en la implementación de los planes de acción.
- Medir la mejora en la OEE de manera regular.
- Utilizar los datos de OEE para tomar decisiones informadas y continuar mejorando. (Lameirinhas, 2019)

2.5.4.1.2.5. Mejorar continuamente

- Buscar continuamente nuevas oportunidades para mejorar la OEE.
- Implementar proyectos de mejora continúa enfocados en la optimización de los equipos.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Compartir las mejores prácticas con otros departamentos o plantas. (Lameirinhas, 2019)

2.5.4.2. Paso 11: Implementación del Mantenimiento de Basado en la Confiabilidad

El Mantenimiento Basado en la Confiabilidad (MBC), también conocido como Mantenimiento Basado en la Confiabilidad (RCM), es una filosofía de mantenimiento que se enfoca en prevenir fallas en lugar de corregirlas. El MBC se basa en un análisis exhaustivo de los modos de falla de los equipos para determinar las estrategias de mantenimiento más adecuadas para cada uno. (Andrea & Sierra, 2017)

2.5.4.2.1. Beneficios de implementar el Mantenimiento Basado en la Confiabilidad

- Reducción de costos de mantenimiento: El MBC ayuda a reducir costos de mantenimiento al prevenir fallas y averías costosas.
- Mayor disponibilidad de los equipos: El MBC ayuda a aumentar la disponibilidad de los equipos al reducir el tiempo de parada no planificado.
- Mejora de la confiabilidad de los equipos: El MBC ayuda a mejorar la confiabilidad de los equipos al identificar y eliminar las causas de las fallas.
- Mayor seguridad: El MBC ayuda a mejorar la seguridad al prevenir fallas que podrían causar accidentes. (Maya, 2018)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.5.4.2.2. Pasos para implementar el Mantenimiento Basado en la Confiabilidad

2.5.4.2.2.1. Definir los objetivos del MBC:

- Establecer los objetivos específicos que se pretenden alcanzar con la implementación del MBC.
- Los objetivos pueden incluir la reducción de costos de mantenimiento, la mejora de la disponibilidad de los equipos o la extensión de la vida útil de los equipos. (Hernandez, 2021)

2.5.4.2.2.2. Seleccionar los equipos para el MBC

Priorizar los equipos para la implementación del MBC en función de su criticidad para la producción, su costo de mantenimiento y su historial de fallas. (Hernandez, 2021)

2.5.4.2.2.3. Realizar un análisis de modos de falla y efectos (AMFE)

- Identificar todos los modos de falla potenciales de cada equipo.
- Evaluar la gravedad de cada modo de falla y su probabilidad de ocurrencia.
- Determinar las causas de cada modo de falla. (Hernandez, 2021)

2.5.4.2.2.4. Desarrollar estrategias de mantenimiento

- Seleccionar las estrategias de mantenimiento más adecuadas para cada modo de falla.
- Las estrategias de mantenimiento pueden incluir el mantenimiento preventivo, el mantenimiento predictivo o el mantenimiento correctivo. (Martínez, 2016)

2.5.4.2.2.5. Implementar las estrategias de mantenimiento:

- Desarrollar e implementar planes de mantenimiento detallados para cada equipo.
- Los planes de mantenimiento deben incluir la frecuencia de las tareas de mantenimiento, los procedimientos a seguir y los recursos necesarios. (Hernandez, 2021)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.5.4.2.2.6. Monitorear y evaluar los resultados

- Monitorear el desempeño de los equipos y el impacto del MBC en los costos de mantenimiento, la disponibilidad de los equipos y la confiabilidad de los equipos.
- Evaluar la efectividad del MBC y realizar los ajustes necesarios a las estrategias de mantenimiento. (Hernandez, 2021)

2.5.4.2.2.7. Mejorar continuamente

- Buscar continuamente nuevas oportunidades para mejorar la efectividad del MBC.
- Implementar proyectos de mejora continua relacionados con el MBC.
- Compartir las mejores prácticas con otros departamentos o plantas. (Hernandez, 2021)

2.5.4.3. Paso 12: Institucionalización del TPM

El duodécimo y último paso para completar la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) es la Institucionalización del TPM. Este paso se enfoca en integrar los principios y prácticas del TPM en la cultura y los procesos de la organización de manera permanente. El objetivo es asegurar que el TPM no sea un programa temporal, sino una filosofía de gestión que se aplique de manera continua y sistemática en toda la empresa. (Giuria, et al, 2022)

2.5.4.3.1. Beneficios de institucionalizar el TPM

- Sostenibilidad de los resultados: La institucionalización del TPM ayuda a garantizar que los resultados obtenidos durante la implementación del programa se mantengan en el tiempo.
- Cambio cultural: El TPM se convierte en una parte integral de la cultura de la organización, lo que motiva a todos los empleados a participar en la mejora continua.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Mejora continua: La institucionalización del TPM establece un marco para la mejora continua, lo que permite a la organización seguir identificando y eliminando pérdidas de manera permanente.
- Ventaja competitiva: La implementación exitosa del TPM puede dar a la organización una ventaja competitiva significativa en el mercado. (Kennedy, 2006)

2.5.4.3.2. Pasos para institucionalizar el TPM

2.5.4.3.2.1. Establecer una estructura de liderazgo

- Crear un comité directivo del TPM responsable de la implementación y el mantenimiento del programa.
- Designar un líder del TPM responsable de la gestión diaria del programa.
- Involucrar a todos los niveles de la organización en el programa. (Kennedy, 2006)

2.5.4.3.2.2. Desarrollar un plan de comunicación

- Comunicar los objetivos, beneficios y expectativas del TPM a todos los empleados.
- Brindar capacitación y entrenamiento a los empleados en los principios y prácticas del TPM.
- Crear canales de comunicación efectivos para compartir información y experiencias. (Kennedy, 2006)

2.5.4.3.2.3. Implementar un sistema de gestión del TPM

- Desarrollar un sistema de gestión del TPM para documentar, monitorear y evaluar el progreso del programa.
- Establecer indicadores clave de desempeño (KPIs) para medir la efectividad del TPM.
- Realizar auditorías periódicas para identificar áreas de mejora. (Kennedy, 2006)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.5.4.3.2.4. Integrar el TPM en los procesos de negocio:

- Integrar los principios del TPM en los procesos de planificación, diseño, fabricación y mantenimiento.
- Utilizar herramientas y técnicas del TPM para identificar y eliminar pérdidas en todas las áreas de la organización.
- Vincular el TPM a los objetivos estratégicos de la empresa. (Kennedy, 2006)

2.5.4.3.2.5. Reconocer y recompensar los logros

- Reconocer y recompensar a los empleados y equipos por sus logros en la implementación del TPM.
- Celebrar los éxitos y compartir las mejores prácticas.
- Crear un ambiente de trabajo positivo que motive la participación y el compromiso de los empleados. (Kennedy, 2006)

2.5.4.3.2.6. Mejorar continuamente

- Buscar continuamente nuevas oportunidades para mejorar la implementación del TPM.
- Implementar proyectos de mejora continua relacionados con el TPM.
- Compartir las mejores prácticas con otras organizaciones. (Kennedy, 2006)

2.6. TAXONOMIA

Etimológicamente, el término "Taxonomía" proviene de dos palabras griegas: "taxis," que significa "arreglo" o "orden," y "nomos," que se traduce como "ley" o "norma." Según la Real Academia Española, la Taxonomía se define como la ciencia que estudia los principios, métodos y objetivos de la clasificación. Este concepto se aplica especialmente en el ámbito de la biología, donde se utiliza para la organización jerárquica y sistemática de grupos de animales y plantas, asignándoles nombres específicos. La clasificación jerárquica de instalaciones industriales surgió a partir de un cambio en la perspectiva del mantenimiento, pasando de un enfoque reactivo

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

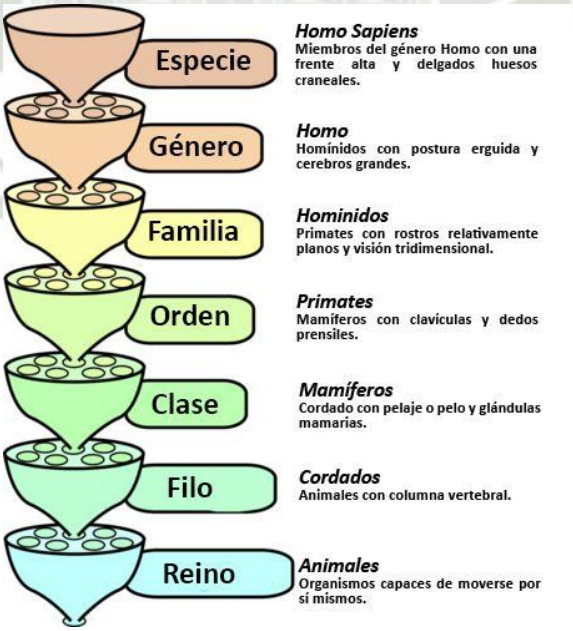
—donde se realizaban reparaciones únicamente en caso de fallo— a uno proactivo, que busca mantener una alta disponibilidad de los activos físicos a lo largo de su ciclo de vida. Este cambio ha facilitado la atención a los requerimientos operativos y ha promovido la implementación de acciones orientadas a la supervisión del desempeño, conservación y restauración de la funcionalidad de los equipos de producción. En la actualidad, existe un método denominado "Taxonomía," que permite agrupar estos equipos en distintos niveles taxonómicos, tomando en cuenta su uso, localización y subdivisión. Este método es considerado fundamental para el mantenimiento y la confiabilidad, además de ser una característica esencial del Sistema de Gestión de Activos. (Solórzano, 2019)

2.6.1. Primer sistema jerárquico

En el periodo del siglo XVIII, entre los años de 1707 y 1778, Carlos Linneo quien era un botánico y zoólogo, postuló un sistema que ayudaría a la clasificación de los seres vivos, agrupándolos en distintos niveles jerárquicos, a este nuevo sistema lo nombró Taxonomía Linneana. (Clavijo, 2007)

Figura 6

Taxonomía de los seres vivos



Nota: Clavijo, (2007).

Para entender un poco más de como fue la evolución del sistema de la taxonomía y que procesos atravesó esta misma para llegar a la metodología de trabajo que

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

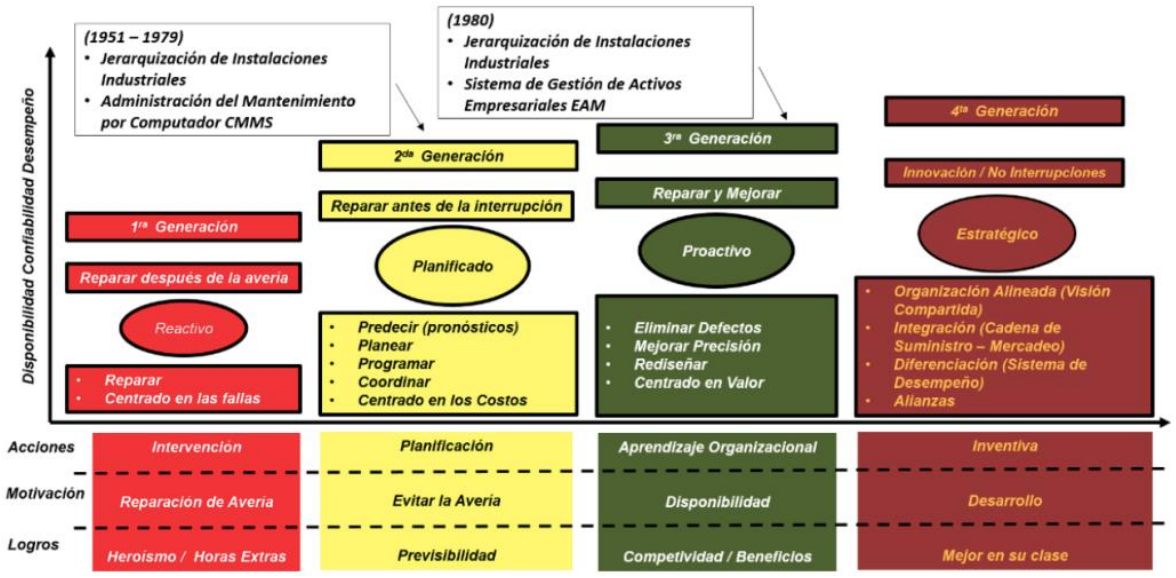
emplea actualmente, conocer bajo las normas que la rigen y entender cómo es que podemos nosotros realizar una correcta taxonomía, disgregaremos en dos etapas la historia que tiene detrás la taxonomía. (Clavijo, 2007)

2.6.2. Generación de expectativas de la evolución del mantenimiento.

El empleo de métodos de jerarquización para la codificación, identificación y registro de los activos físicos en instalaciones industriales comenzó a desarrollarse inicialmente durante la segunda generación (1951-1979) y se consolidó en la tercera generación (a partir de 1980) de expectativas en la evolución del mantenimiento. Este desarrollo fue impulsado por un cambio en los fundamentos de la disciplina, que abarcó nuevas perspectivas, estrategias y patrones de fallas, como se ilustra en la figura 4. (Moubray J. , 1997)

Figura 7

El desarrollo de la Gestión del Mantenimiento



Nota: Solórzano, (2019).

2.6.3. Métodos de jerarquización de activos físicos de 1970 al 2013

A continuación, se resumen los años clave en los que se produjeron cambios significativos en la aplicación de la taxonomía, como se muestra en la figura 5. Esta figura destaca las bases utilizadas para desarrollar estructuras jerárquicas, como las presentadas por VSG Power Tech (planta de energía – Sistema KKS) entre 1970 y 1978, por F. Stanley Nowlan (industria aeronáutica – RCM) desde

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

1974 hasta 1990, y por John Moubray (industria general – RCM2) a partir de 1983. Estas bases sirvieron para establecer marcos de referencia fundamentales para normas internacionales, nacionales e institucionales. Cabe señalar que la Organización Internacional de Normalización (ISO) publicó en 1999 la primera edición del estándar ISO 14224:1999, "Colección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos para la industria petrolera, petroquímica y del gas", donde se menciona por primera vez la palabra "Taxonomía" como un pilar de la confiabilidad y el mantenimiento. (Solórzano, 2019)

Figura 8

Métodos de Jerarquización de Activos Físicos para Instalaciones Industriales

Métodos de Jerarquización de Activos Físicos para Instalaciones Industriales

Año	Ente	Denominación	Aplicación – Propuesta
1970 – 1978	Asociación Técnica Europea para la Generación de Energía y Calor (VGB Power Tech) United Airlines (F. Stanley Nowlan)	Sistema de Identificación KKS (Kraftwerk-Kennzeichen-System) AD/A006-579 - Reliability-centered Maintenance	Centrales de Generación de Electricidad. Clasificación, división y codificación su función (relacionada con el proceso), lugar y puntos de instalación. Industria Aeronáutica. Jerarquización de partes de aeronaves.
1983 - 1991	John Moubray	RCM2 – MCC2	Industria en General. Jerarquización, codificación y diagramas de bloque funcionales.
1993 - 1995	Comisión Venezolana de Normas Industriales National Aeronautics and Space Administration - NASA de los EEUU.	COVENIN 3049-93 "Mantenimiento – Definiciones" Manual de Sistemas de Ingeniería (NASA Systems Engineering Handbook),	Industria en General. Desagregación y codificación de los objetos de un sistema productivo. Instalaciones y Proyectos de la NASA. Organización Sistemas de Ingeniería.
1999 2006 2016	Organización Internacional de Normalización (ISO)	ISO 14224:2016 "Colección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos para la industria petrolera, petroquímica y del gas"	Industria Petrolera, Petroquímica y del Gas. Puede ser adaptada a otro tipo de industrias con algunas limitantes. Taxonomía – Clasificación de Activos Físicos, en Niveles Taxonómicos.
2001 2011 2017	NORZOK – Asociación Noruega de Petróleo y Gas y la Asociación de Armadores de Buques Noruego	NORZOK Z-008:2001 y 2011 "Análisis de Criticidad para Propósitos de Mantenimiento" NORZOK Z-008:2017 "Mantenimiento basado en el riesgo y clasificación de consecuencias"	Industria Petrolera, Petroquímica y del Gas. Puede ser adaptada a otro tipo de industrias con algunas limitantes. Jerarquización Funcional (principal y sub-función).
2009 2013	WERF - Fundación de Investigación del Agua (The Water Research Foundation)	Análisis de decisiones / Guía de implementación - Desarrollo de herramientas de gestión de activos: resumen de investigación (SAM1R06i)	Complejos de Tratamiento de Agua Potable y Aguas Residuales. Jerarquización con niveles Padre – Hijo.

Nota: Solórzano, (2019).

2.6.4. La taxonomía propuesta por la ISO 14224:2016

La norma ISO 14224 establece una base sólida para la recopilación y organización de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos en instalaciones de las industrias del petróleo, gas natural y petroquímica. Estos datos son esenciales para la gestión de activos a lo largo de su ciclo de vida. Dado que la norma aborda equipos comunes en instalaciones industriales, puede adaptarse fácilmente para su uso en cualquier industria que maneje activos físicos en sus procesos, facilitando así la recopilación de información de los activos. Es importante destacar que este estándar es adaptable a empresas de

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

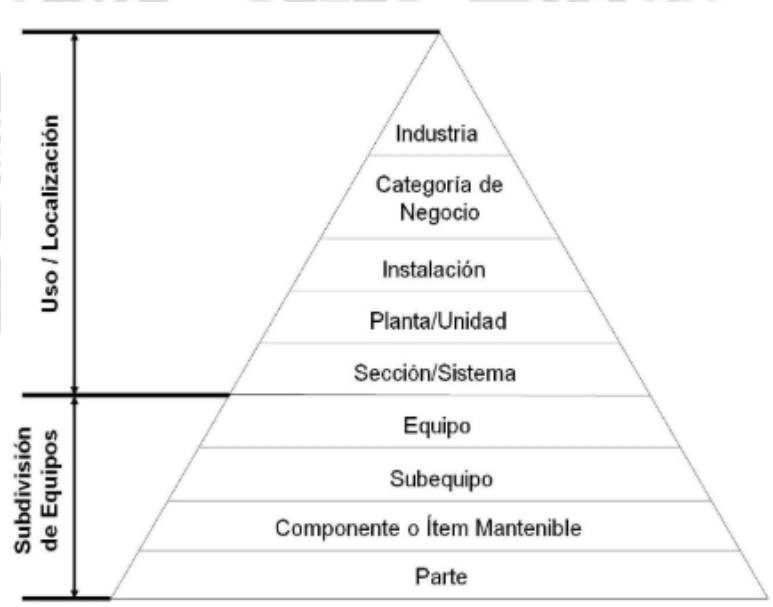
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

diferentes sectores, ya que proporciona una guía para el registro y manejo de datos de mantenimiento y confiabilidad. Esto permite que, mediante el análisis de estos datos, se puedan tomar decisiones informadas dentro del marco del plan de gestión de mantenimiento, contribuyendo al plan de gestión de activos. Además, la norma ISO 14224 define la taxonomía como la clasificación sistemática de equipos o sistemas en grupos genéricos basados en sus características comunes (como la ubicación, el uso, el tipo de equipo, etc.). Esta taxonomía se representa en forma de pirámide, como se muestra en la figura 5, y refleja la ubicación del equipo o activo dentro de la organización. (Hernandez, 2021)

Figura 9

Clasificación Taxonómica y Niveles Taxonómicos



Nota: Norma ISO, ISO 14224, (2016)

2.6.5. La taxonomía propuesta por la norma NORZOK Z008

La norma NORSOK Z-008 tiene como objetivo establecer requisitos y directrices para la creación de jerarquías técnicas y la clasificación de las consecuencias de los equipos. Esta norma no solo facilita la determinación de la criticidad de los componentes en un sistema de producción, sino que también incluye un procedimiento para optimizar los programas de mantenimiento de instalaciones nuevas y en funcionamiento, tanto en tierra como en alta mar. En este contexto, se consideran los riesgos relacionados con la seguridad del

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

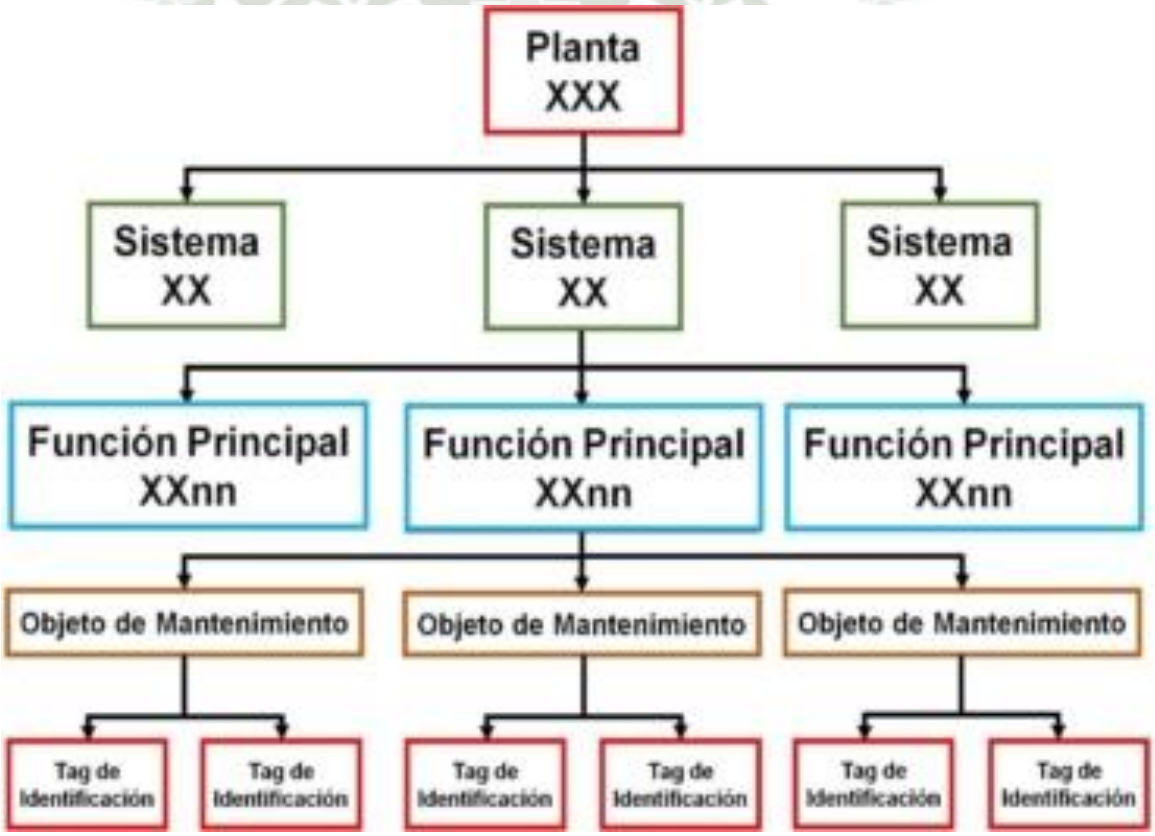
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

personal, el impacto ambiental, la pérdida de producción y los costos económicos directos (excluyendo los costos asociados con la pérdida de producción. El objetivo principal de la norma NORSOK Z-008 es proporcionar una base sólida para el diseño y optimización de programas de mantenimiento en plantas de petróleo y gas, tanto nuevas como existentes, basándose en la criticidad de sus componentes. Este estándar se aplica a equipos mecánicos (tanto estáticos como rotativos), instrumentos y equipos eléctricos. Sin embargo, excluye de su alcance las estructuras de carga rodante, estructuras flotantes, risers y gasoductos/oleoductos. (Belloso, 2019)

Figura 10

Jerarquía de Sistemas y Equipos



Nota: Belloso, (2019)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CAPÍTULO III

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3. ESTADO ACTUAL DE PLANTA DE CHANCADO LÍNEA 2

3.1. Descripción de la mina

En el presente proyecto se tiene pensado considerar diseñar un modelo que convenga para adaptarlo a las necesidades del empleador Shougang Hierro Perú, ubicado en la localidad de Marcona, provincia de Nazca, departamento de Ica. El proyecto se centra en la Línea 2 de los transportadores de la zona Húmeda, la cual conecta la planta de chancado secundario con la planta de chancado terciario. Sobre la empresa en cuestión, Shougang Hierro Perú es una minera que extrae y comercializa mineral de hierro. Sus yacimientos mineros se encuentran ubicados aproximadamente a 530 km de la ciudad de Lima. El centro minero se compone principalmente de 3 áreas de trabajo, las cuales son: Área Mina, en donde se lleva a cabo los trabajos de exploración y explotación de mineral, a través del sistema de tajo abierto. El lugar cuenta con alrededor de 150 kilómetros cuadrados, donde se realizan las actividades de perforaciones y disparos, para que después el material sea transportado por palas, camiones y volquetes que pueden llegar a tener una capacidad de hasta 150 toneladas, estas las dirigirán hacia las chancadoras donde al finalizar la labor de chancado, el mineral acumulado será transportado por una faja transportadora a otra área llamada San Nicolas. Área San Nicolas, donde se encuentra el producto terminado y listo para su comercialización, es por ello que aquí se encuentran algunas plantas como: En esta área de San Nicolas se encuentra la Planta Chancadora, aquí el mineral es reducido hasta un 95%. Posteriormente llega a la Planta de Separación Magnética, donde después de varios procesos, se dividirá el mineral del hierro, en dos productos como son el Hierro de Alta Ley y otro que servirá para alimentar la Planta de Peletización. La Planta de Filtros es el sector que continua con el proceso de trabajo, aquí el mineral es homogenizado y filtrado para que este en condición es de ser transformado en pélets y así llegue al área de Pélets donde será trabajo y enviado al Muelle de San Nicolás, el cual cuenta con una extensión de 330 metros aproximadamente, de aquí el mineral zarpará para ser distribuido a todo el mundo. Finalmente, el Campamento Minero San Juan, es una bahía que cuenta con más de 16 mil habitantes, aquí es donde se encuentra el campamento minero de Shougang Hierro Perú y sus oficinas administrativas, que controlar y supervisan los procesos de operaciones y a su vez la interrelación con sus trabajadores, los habitantes de la zona y la región de Ica en general. Es también importante recalcar que la empresa

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

cuenta con una sede administrativa y descentralizada en la ciudad de Lima, la capital del país, donde no solo se ven temas administrativos si no también se trabaja en relación con las entidades gubernamentales relacionadas y también trato con los clientes y proveedores. (Andrea & Sierra, 2017)

Tabla 2.

Cuadro de ámbito del lugar de estudio

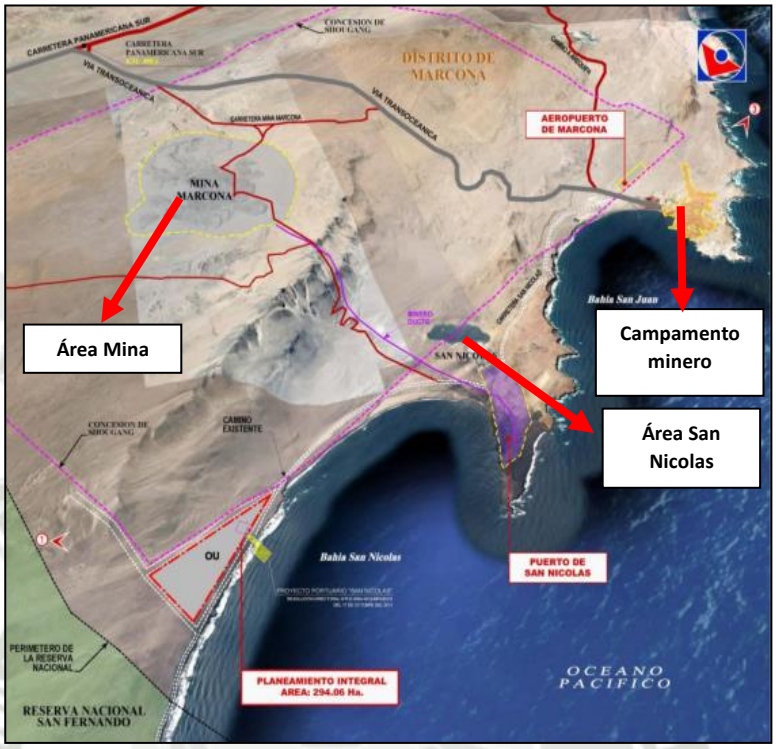
REGIÓN	**Ica**
PROVINCIA	Nazca
DISTRITO	San Juan de Marcona
INSTITUCIÓN	Shougang Hierro Perú
LUGAR	San Nicolas - Planta de Chancado Beneficio Zona Antigua, Línea 2
ALTITUD	800 m.s.n.m

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 11

Distribución de las áreas de Shougang en San juan de Marcona



Nota: Coorporación Suya, (2017).

3.2. Estado actual de la faja transportadora

Las siguientes graficas mostradas a continuación nos muestran un panorama de cómo se distribuyen las funciones, las distintas áreas que están involucradas en el proceso de operación y a su vez mantenimiento de la Faja Línea 2.

3.2.1. Descripción de planta de chancado línea 2

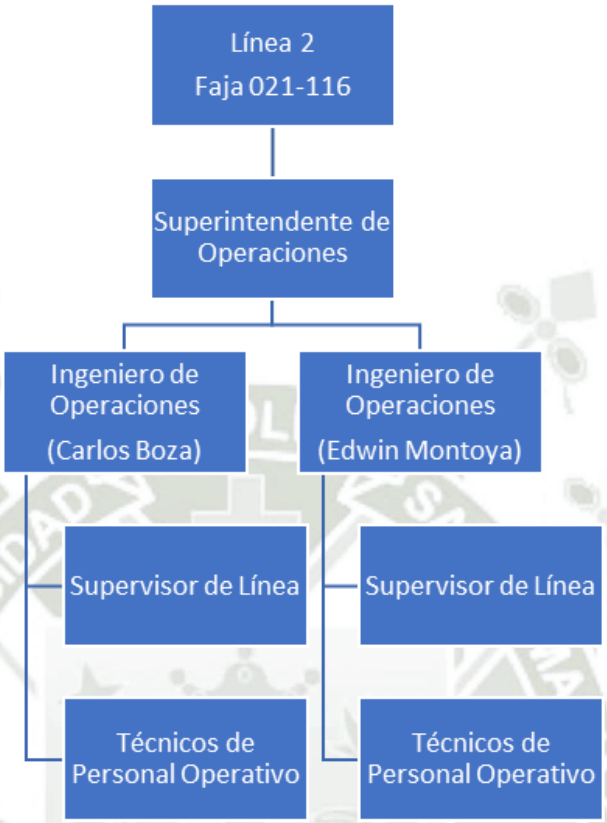
La planta de chancado de Línea 2, es el nombre que recibe el área que está directamente involucrado en el proceso de transporte de mineral, a través de la faja línea 2, esta es la parte de operaciones de la mina, como se muestra en la figura 9:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 12.

Organigrama de la Planta de Chancado Línea 2



3.2.2. Área de taller de fajas

El taller de fajas, es el área encargada del mantenimiento y/o reparación, exclusivamente de las fajas transportadoras, incluyendo a la faja de la línea 2, quien es la estudiada en esta investigación, que está conformada como se muestra a continuación

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 13

Organigrama de Área de Taller de Fajas

3.2.3. Área de mantenimiento de chancado

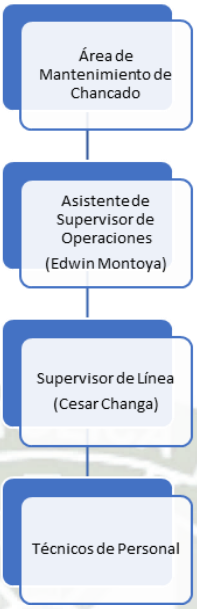
El área de mantenimiento de chancado, es quien vela por el mantenimiento de los demás elementos que componen las fajas, dando así prioridad a las partes mecánicas, mientras otra área anteriormente mencionada, se encarga netamente del mantenimiento de las fajas, como se muestra en la figura 11:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 14

Organigrama de Área de Mantenimiento de Chancado



3.3. Análisis del estado actual de la faja transportadora

3.3.1. Cuestionario sobre estrategia funcional de la planta de chancado

Las siguientes preguntas realizadas a continuación, en el cuestionario, fueron planteadas con la finalidad de saber el estado actual de conocimiento de los involucrados en el proceso de trabajo. Se puede visualizar la entrevista completa en el anexo 1.

3.3.1.1. Estrategia funcional de la Planta de Chancado

Se plantearon las siguientes 8 preguntas, en esta parte de la encuesta. Puede ver la encuesta completa a las 7 personas entrevistadas en el anexo1.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 3

Cuestionario sobre estrategia funcional

	ACERCA DE LA ESTRATEGIA FUNCIONAL DE PLANTA DE CHANCADO	SI	NO
1	¿La planta de chancado tiene estrategia de funciones?		
2	¿Los conoce?		
3	¿Existe un manual de funciones?		
4	¿Lo conoce?		
5	¿Se difunde o se publica?		
6	¿La planta de chancado tiene estrategia organizacional?		
7	¿La conoce?		
8	¿Se difunde o se publica?		

Nota: Coorporación Suya, (2017).

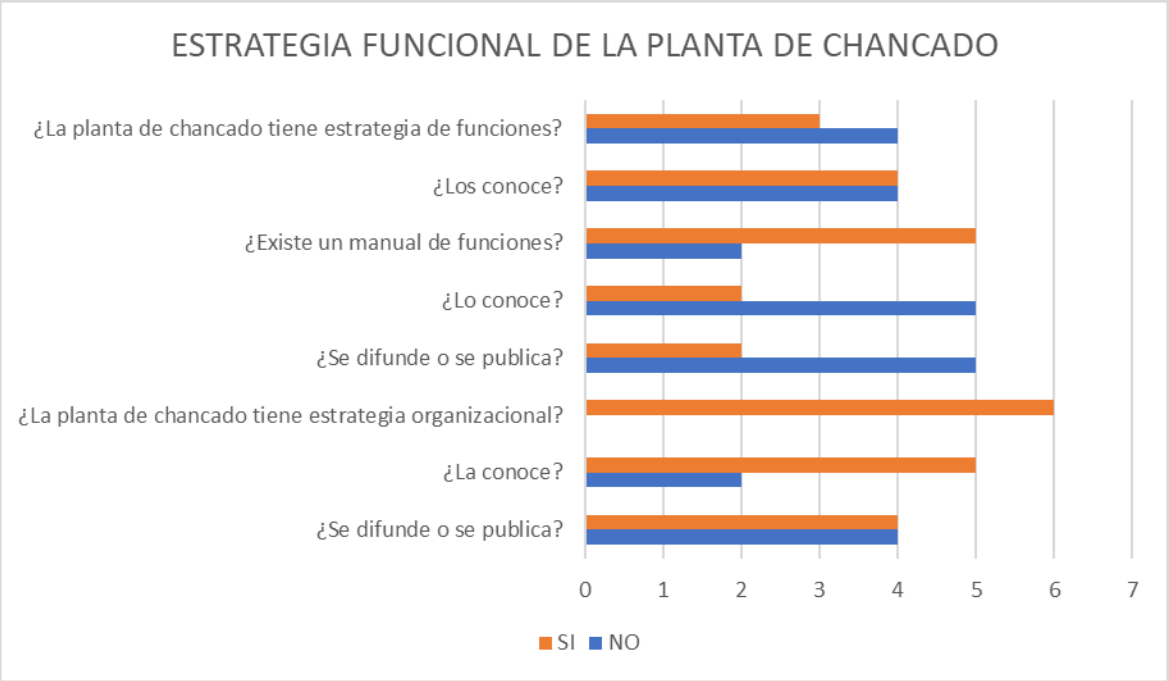
En esta primera parte de la encuesta podemos observar que los entrevistados, nos indican que, aunque bien puedan ser conscientes de la existencia de las estrategias de funciones, de los manuales o sobre la estrategia organizacional, no saben en que consisten, si se difunde, lo cuál es un resultado desfavorable para la producción.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 15

Resultado de la encuesta en relación a la estrategia funcional de planta



3.3.2. Cuestionario sobre organización y funciones de la planta de chancado

3.3.2.1. Organización y funciones de Planta de Chancado

A los 7 entrevistados, se les plantearon las siguientes 4 preguntas, de las cuales, la número 12, fue seccionada en otras 6 preguntas, con la finalidad de saber la importancia que tiene para cada entrevistado las funciones realizadas en el área de estudio. Puede ver las respuestas completas de la encuesta en el anexo 1.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 4

Cuestionario sobre la organización y funciones de planta de chancado

ACERCA DE LA ORGANIZACIÓN Y FUNCIONES DE PLANTA DE CHANCADO		SI	NO
9	¿La planta de chancado tiene una organización definida?		
10	¿La conoce?		
11	¿El personal es adecuado para cada función?		
12	En su opinión, ¿cuál de las funciones es más importante? Califique de 1 a 5 en orden de importancia, donde 1 es menos importante y 5 es el más importante:	PUNTAJE 1-5	
12,1	Coordinar planes y objetivos de desarrollo		
12,2	Planear y realizar actividades laborales		
12,3	Planear y realizar actividades de servicios		
12,4	Planificar operaciones de mantenimiento		
12,5	Planificar operaciones de procedimientos de mantenimiento		
12,6	Realizar operaciones de mantenimiento		

Nota: Coorporación Suya, (2017).

Podemos ver en esta parte de la encuesta que, el personal se encuentra dividido en los que saben sobre la organización que se maneja en el área, y sobre los que no, lo cual sería un indicador, que el personal no tiene conocimiento de hasta donde llegan sus responsabilidades.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 16

Relación a la organización y funciones de la planta de chancado

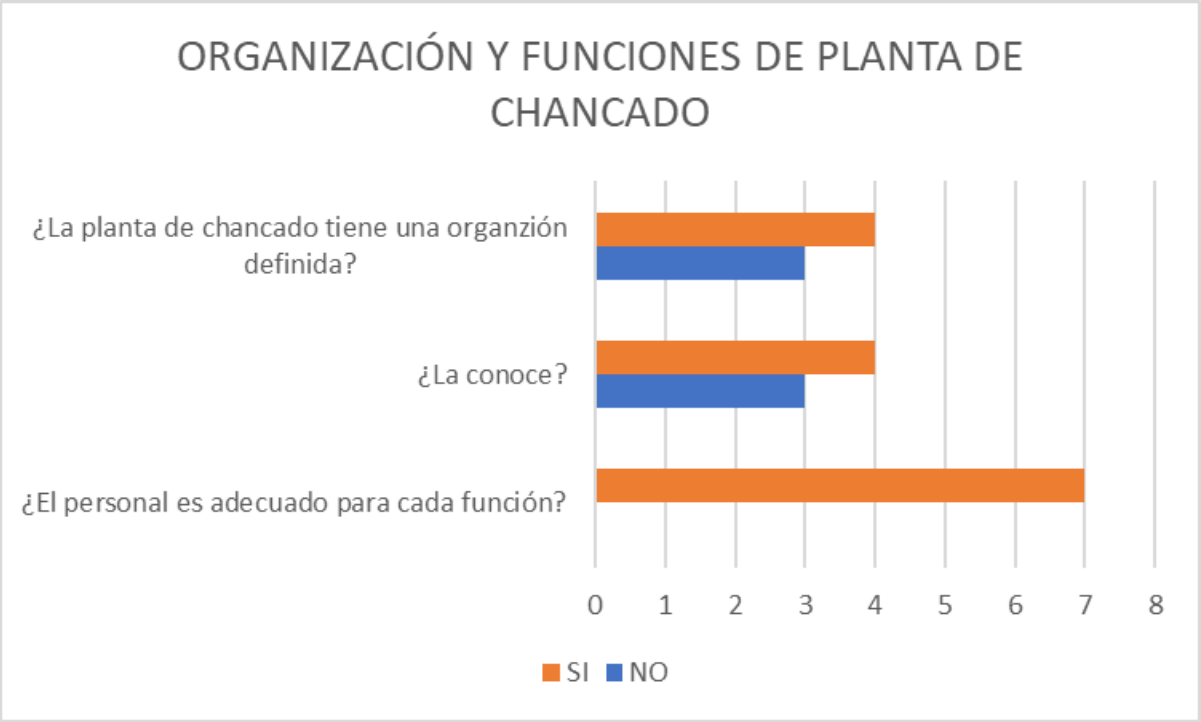
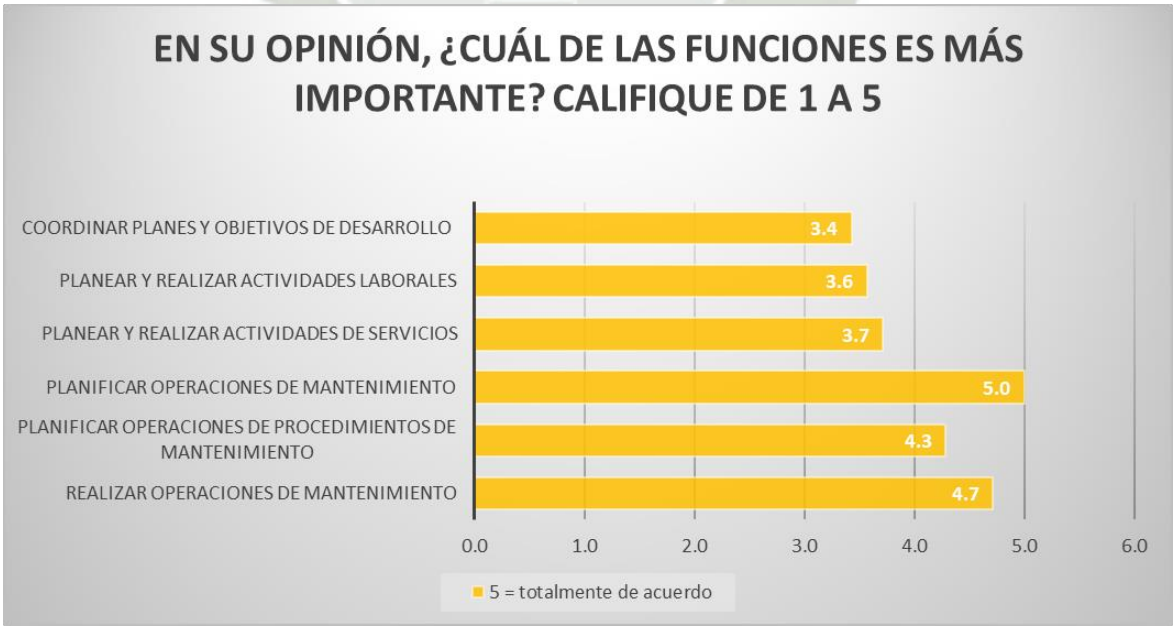


Figura 17

Relación a la organización y funciones de la planta de chancado



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.3.2.2. Función Remarque

En la siguiente pregunta abierta, se pondrá en conocimiento, cual es el orden de prioridad que tienen las funciones que realiza el equipo estudiado, para los encuestados. Puede ver la respuesta de los 7 entrevistados en el anexo 1.

Tabla 5

Cuestionario sobre la función remarque

EN RELACIÓN A LA FUNCIÓN REMARQUE		
	¿Cuál es la función básica del equipo Línea 2, anote la relación de prioridad	NÚMERO DE PRIORIDADES
13	A) Transportar B) Descargar C) Evitar pérdidas D) Evitar daños personales o físicos	

Nota: Coorporación Suya, (2017).

Como resultado de la encuesta vemos que el descargar y evitar pérdidas son las dos actividades que parecen tener mayor importancia, sin embargo, transportar y evitar daños, también cobraron algunos valores, lo que demuestra que no todos los trabajadores tienen claro el objetivo principal para el que desarrollan su función.

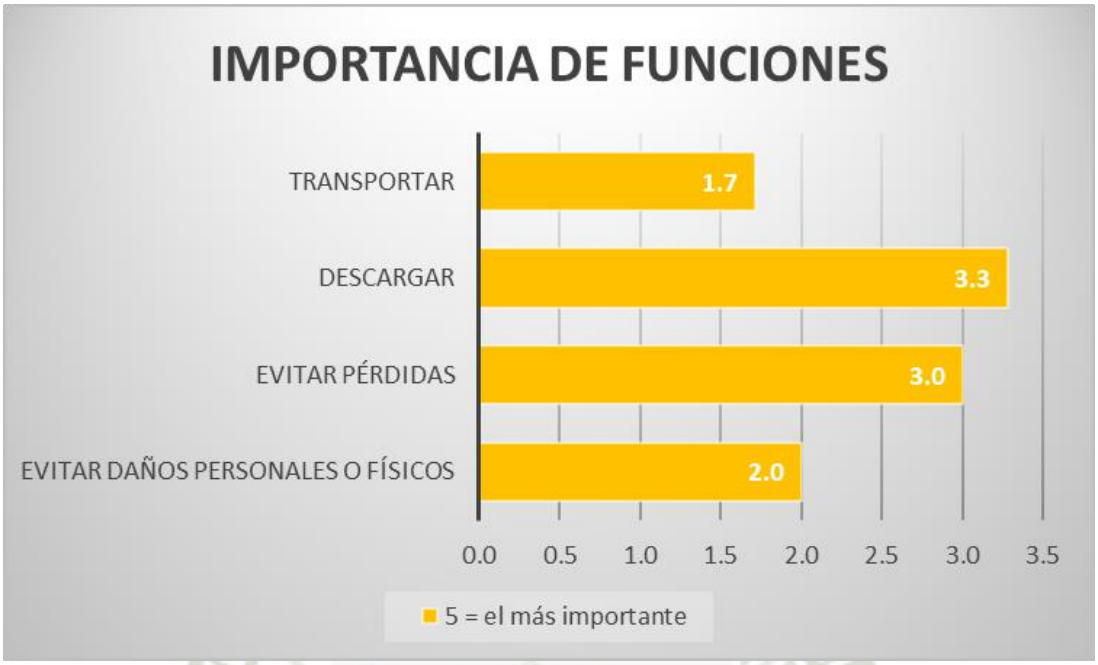
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 18

Resultado de la pregunta 13 de la encuesta en relación a la función remarque



3.3.2.3. Relacionado al Ambiente

Para esta sección de la encuesta, se preparó la siguiente pregunta que guardan relación con la actividad de la tabla 6. Puede ver la respuesta de los 7 encuestados en el anexo 1.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 6

Cuestionario sobre el ambiente

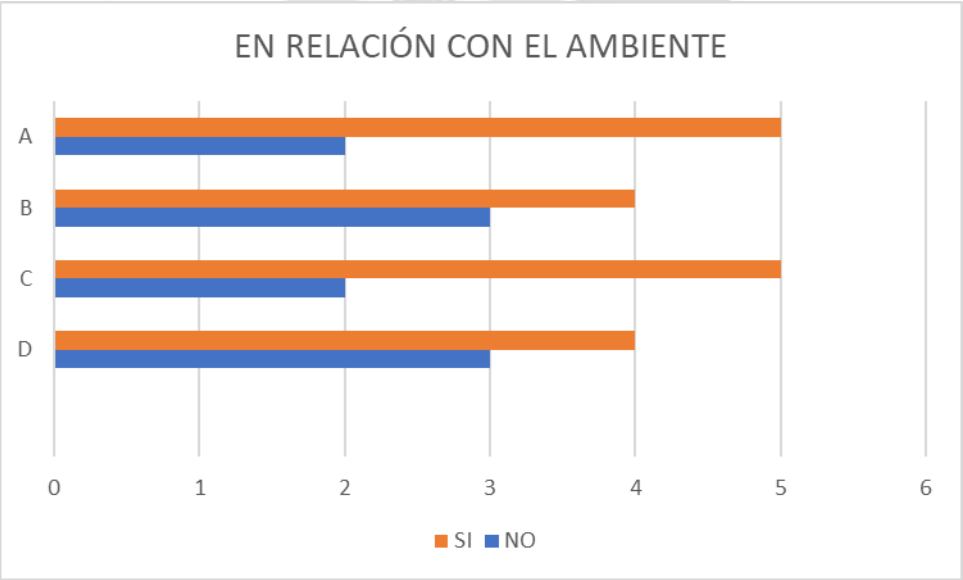
	EN RELACIÓN DEL AMBIENTE	SI	NO
14	¿El ambiente en el que se encuentra le permite realizar estas funciones descritas en A, B, C y D? A) Transportar B) Descargar C) Evitar pérdidas D) Evitar daños personales y físicos		

Nota: Coorporación Suya, (2017).

En esta parte de la encuesta podemos observar que la mayoría de los encuestados están de acuerdo en la capacidad o espacio con que cuentan para desarrollar las actividades que normalmente se desempeñan con el equipo.

Figura 19

Resultado de la encuesta en base a la pregunta 14



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.3.2.4. Manejo, Sensibilidad y Confort de Operación

Las siguientes preguntas fueron realizadas para saber la opinión de los entrevistados, sobre la operatividad en general del equipo estudiado:

Tabla 7

Cuestionario sobre el manejo, sensibilidad y confort de operación

	EN RELACIÓN AL MANEJO, SENSIBILIDAD Y CONFORT DE OPERACIÓN	SI	NO
15	¿Es fácil operar la faja?		
16	¿Considera que es segura?		
17	¿La faja concede una fácil lectura de su operación?		
18	¿El espacio que tiene para trabajar es el adecuado?		
19	¿La iluminación para trabajar en este equipo, es la adecuada?		
20	¿El ruido es permisible?		
21	¿Conoce el límite de ruido permisible?		
22	¿La ventilación siente que es la adecuada?		
23	¿El nivel de suciedad es adecuado?		
24	¿Cuenta con los servicios, necesarios (electricidad, agua, etc)		

Nota: Coorporación Suya, (2017).

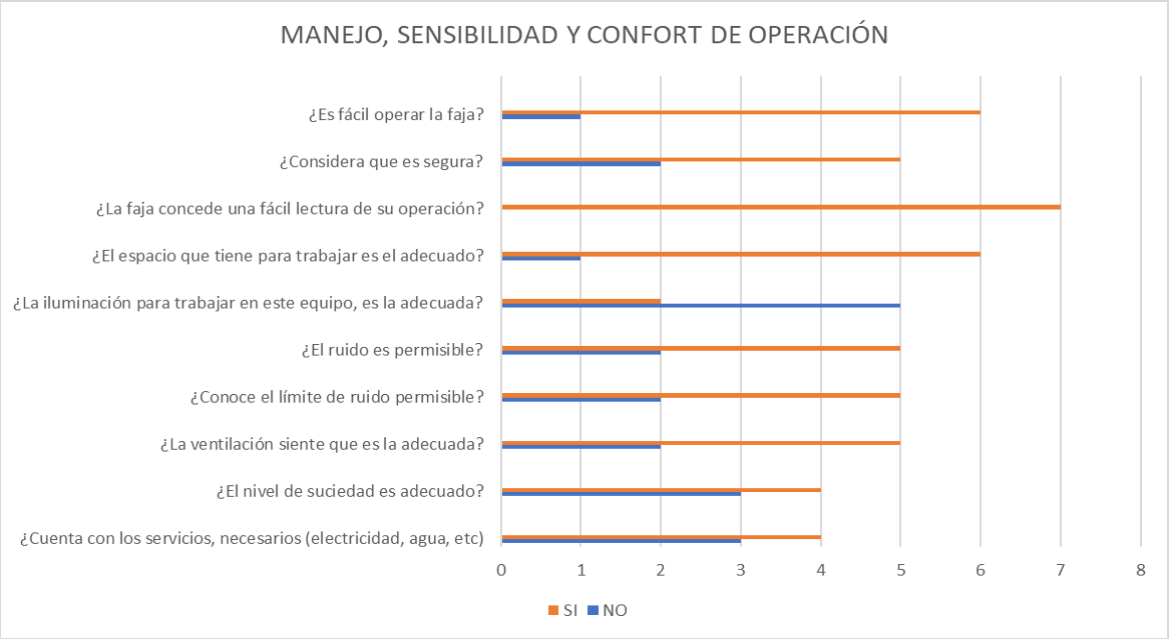
El resultado de esta parte de la encuesta nos muestra que, en su mayoría, de los 7 entrevistados, 5 están más que conformes con la manera de operar, el espacio y los servicios que se les brindan, el otro restante de personas no está cómodo y tampoco sienten que tengan las condiciones optimas para operar el equipo.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 20

Relación al manejo, sensibilidad y confort de operaciones



3.3.3. Cuestionario sobre el mantenimiento de la línea 2

Las siguientes preguntas se realizaron la finalidad de evaluar los conocimientos que tiene el equipo de operaciones en relación a ciertos temas que conciernen al equipo de mantenimiento. Puede ver las respuestas de los 7 entrevistados en el anexo 1.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.3.3.1. Relacionado a la Seguridad

Se plantearon las siguientes 8 preguntas en la encuesta:

Tabla 8

Cuestionario sobre la seguridad

	EN RELACIÓN A LA SEGURIDAD	SI	NO
25	¿La máquina cuenta con un factor de seguridad?		
26	¿Está escrito?		
27	¿La máquina cuenta con protección eléctrica sobre el personal de operación?		
28	¿La máquina cuenta con una parada de emergencia por posible daño al personal?		
29	¿Existe protección sobre operaciones de montaje y desmontaje de la faja o componentes de esta?		
30	¿Existe protección de los operadores en el momento del mantenimiento		
31	¿La máquina cuenta con un factor de seguridad ambiental?		
32	¿Lo conoce?		

Nota: Coorporación Suya, (2017).

En cuanto a la seguridad, esta encuesta dejo ver que en su mayoría los trabajadores involucrados en las actividades, saben que hay medidas de riesgo, pero no que cuentan con manuales, ni con factores de seguridad para ellos ni el medio ambiente.

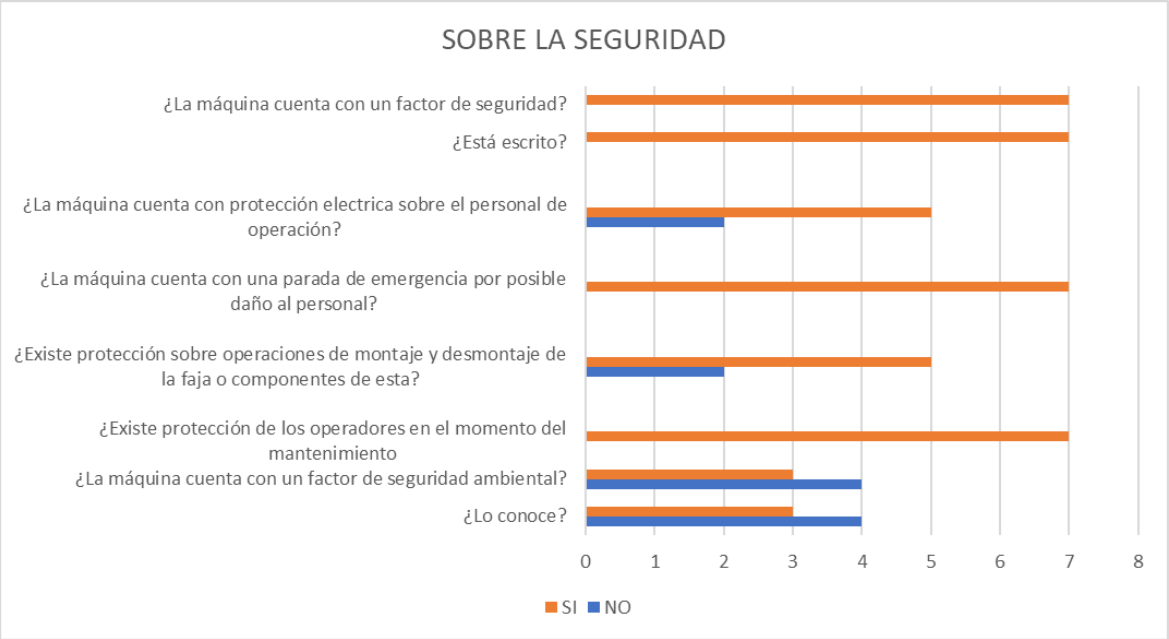
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 21.

Resultado de la encuesta en relación a la seguridad



3.3.3.2. Sobre la Estructura de la Faja Línea 2

Las siguientes preguntas, fueron realizadas para medir el conocimiento de los entrevistados en relación a la composición y capacidad de la Línea 2. Las respuestas de los 7 entrevistados se visualizarán en el anexo 1.

Tabla 9

Cuestionario sobre la estructura de la faja línea 2

	EN RELACIÓN A LA ESTRUCTURA DE LA FAJA LINEA 2	SI	NO
33	¿Conoce su capacidad? ¿Conoce la capacidad de la faja?		
34	¿La máquina trabaja de acuerdo a las estipulaciones del fabricante?		
34,5	Si la respuesta anterior fue no, ¿Por qué cree que es así?		

Nota: Coorporación Suya, (2017).

La encuesta nos muestra que no todo el personal involucrado en las operaciones de la faja transportadora, tienen el conocimiento sobre la forma en que esta opera, o la capacidad que esta puede llegar a tener, dándonos un

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

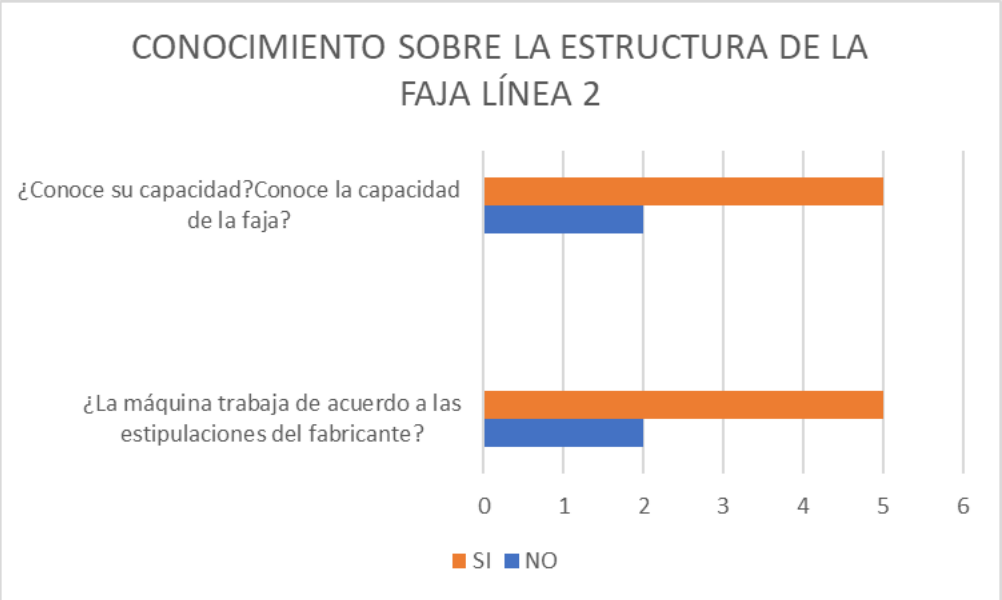
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

indicador a futuro de que la sobre carga de mineral puede ser un problema para la faja.

Figura 22

Resultado de la encuesta en relación a la estructura de la faja línea 2



3.3.3.3. Protocolo de Trabajo y Contención

Las siguientes preguntas del cuestionario tienen la finalidad de conocer si los entrevistados, tienen conocimiento sobre los protocolos de trabajo o no. Las respuestas de los 7 entrevistados puede verse en el anexo 1.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 10

Cuestionario sobre el protocolo de trabajo y contención

	PROTOCOLO DE TRABAJO Y CONTENCIÓN	SI	NO
35	¿Existe un manual de operación de la faja?		
36	¿Está escrito y al alcance de los usuarios?		
37	¿El espacio de operación está fisicamente delimitado?		
38	¿Existe un protocolo para posibles incidentes provocados por la máquina?		
39	¿Está escrito?		
40	¿Existe un protocolo para posibles perdidas de energía de la faja (calor, electricidad, ruido, etc)		

Nota: Coorporación Suya, (2017).

La encuesta revela que en su mayoría el personal entrevistado es consciente de que hay protocolos de contención mas no que estos existen como un manual o que se les instruya en la preparación de estos o de cómo actuar frente a ello.

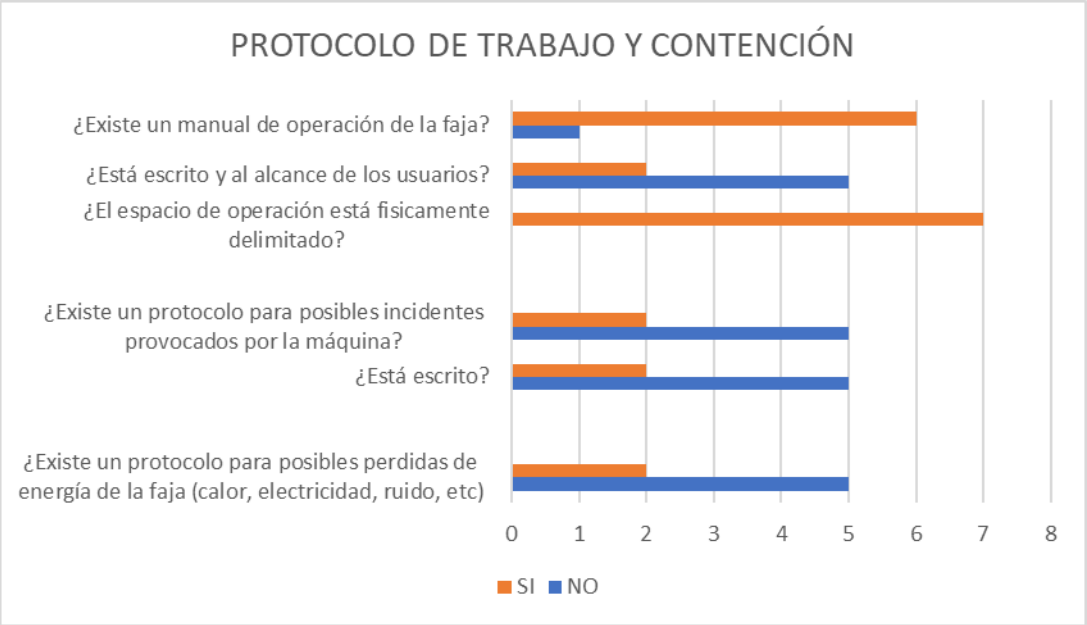
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 23

Resultado de la encuesta en relación a los protocolos de trabajo y contención



3.3.4. Cuestionario de preguntas abiertas

El siguiente cuestionario de preguntas abiertas, nos ayudara a tener un poco más de especificaciones que nos ayudaran a realizar el análisis del entorno y del equipo. Sírvase a ver todo el cuestionario completo en el anexo 2.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 11

Cuestionario sobre el protocolo de trabajo y contención

CUESTIONARIO DE PREGUNTAS ABIERTAS	1. ¿Cómo se llama el equipo, tiene algún modelo? 2. ¿Cómo está conformado el equipo? 3. ¿Cuál es su capacidad de carga y a qué velocidad va? 4. ¿Cómo funciona? (Proceso de Trabajo) 5. ¿Puede describir el proceso de mantenimiento, montaje y desmontaje? 6. ¿Cada cuánto tiempo es el mantenimiento? 7. ¿Hay fallas o paradas, antes del mantenimiento programado? 8. ¿Cuál es la falla más común, por qué ocurre esta falla? 9. ¿Cuál es la pieza del equipo que más falla? 10. ¿Cuenta con un sistema de encendido y apagado y parado de emergencia? 11. ¿Se utiliza algún manual? 12. ¿Cómo saben la forma de operar, utilizan alguna fórmula? 13. ¿Tiene alguna observación respecto al equipo? 14. ¿Cuándo se detiene el equipo por mantenimiento programado o falla, ¿cuánto es lo que se pierde en producción? 15. ¿Hay alguna forma que evidencie que ocurrió una falla o solo hasta que deje de funcionar el equipo? 16. ¿En qué forma, las fallas podrían ser un riesgo para la seguridad o el medio ambiente? 17. ¿Cómo se llama el lugar donde se hace el estudio? 18. ¿Cómo se llama el área donde se encuentra el equipo? 19. ¿El recorrido de la faja, se mantiene en el área o por donde cruza? 20. ¿Dónde empieza y dónde termina? 21. ¿Quién es el responsable del área? 22. ¿Quién es el responsable de la máquina? 23. ¿Quién opera la máquina, es el mismo que da mantenimiento? 24. ¿Cuál sería el problema a resolver, para ser más eficientes?

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CAPÍTULO IV

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4. TAXONOMÍA DEL ACTIVO FISICO

4.1. Taxonomía de la Faja Transportadora de la Línea 2

La taxonomía es la base del entendimiento de composición de un activo y la base para que una metodología RCM se desarrolle adecuadamente. Así mismo para poder aplicarla, en esta propuesta de mantenimiento y tener un mayor entendimiento de la faja transportadora, éste lo hemos dividido en 05 sistemas para poder hacer un reconocimiento del EQUIPO, COMPONENTES y PARTES que conforman la Faja Línea 2.

Esto a su vez nos ayudara a poder discernir entre las Funciones Principales de las Secundarias y también las Fallas que esta pueda tener, de esta manera ayudando a crear mejores planes de mantenimiento y la cultura de trabajo que tanto se desea alcanzar con esta investigación.

4.1.1. Ficha Técnica de Faja Transportadora de la Línea 2

Aquí podemos encontrar los datos más relevantes del equipo, cabe recalcar que la faja transportadora como tal no cuenta con una placa de información, la que es un equipo conformado por diversos productos y por ende son distintos proveedores, pero nos apoyamos del área de mantenimiento tanto como el de producción para poder armar nuestra ficha técnica.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 12

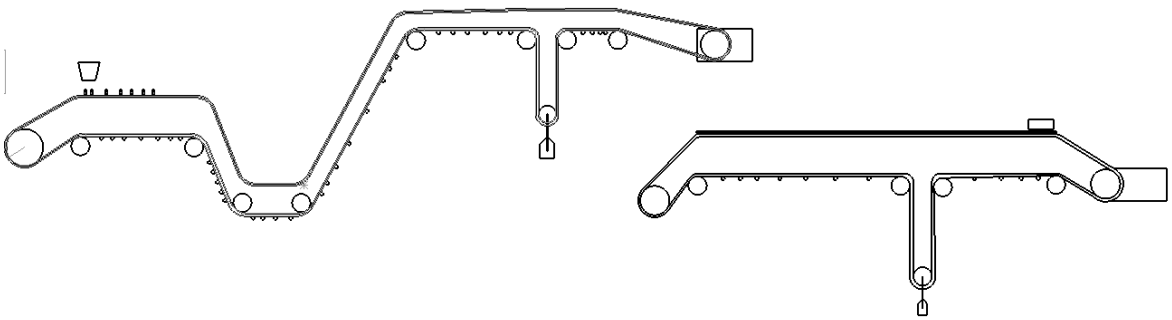
Ficha Técnica de la Faja Transportadora de la Línea 2

Datos técnicos generales de la faja transportadora línea 02	
Marca:	CMH
N de serie:	021-116
Año:	2000 *ultimo cambio estructural del sistema
Material de faja	Caucho con alma (55 cables de acero)
Largo	1647 ft / 502 m
Ancho	30 in
Espesor	7 mm de cubierta superior y 5 mm de cubierta inferior
Mineral transportado	Hierro bruto
Peso máximo a transportar	1850 ton/hr
Moto reductor	350 HP
Tensión	1619 KN
Torque	1020 ft.lb
Revoluciones por minuto	1800 RPM
Velocidad	4.3 m/s

4.2. Perfil de la faja transportadora

Figura 24

Perfil de la faja transportadora



Componentes de la faja transportadora: Esta faja transportadora consta de una tolva de recepción de mineral, conformado por plancha de blindaje, mesa de retención, plancha tipo "U", chute de carga, faldones, pernos huck, liners y porta mandiles. También cuenta con un tripper car conformado por polines, estructura polea de cabeza, polea dobladora, polea motriz, chumaceras de las poleas. Existe también un operador de cuarto de control que tiene un talero de control, amperímetros analógicos y botoneras de arranque y parada. Operador de campo que consiste en un interruptor de velocidad, contactor d mediana tensión y

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

cadena de parada de emergencia. Motor eléctrico, acoplamiento de velocidad, pernos de anclaje, reductor y acoplamiento de fuerza.

La estructura metálica en la cual reposa toda la faja conformada por el conveyor, los perfiles y pernos. Así mismo el sistema de transmisión donde encontramos la faja, polines de carga, bastidores de carga, polines de retorno, bastidores de retorno, polea motriz, polea de cola, polea tensora, polea dobladora, chumaceras de las poleas, ruedas del tripper car y chumaceras de las rudas.

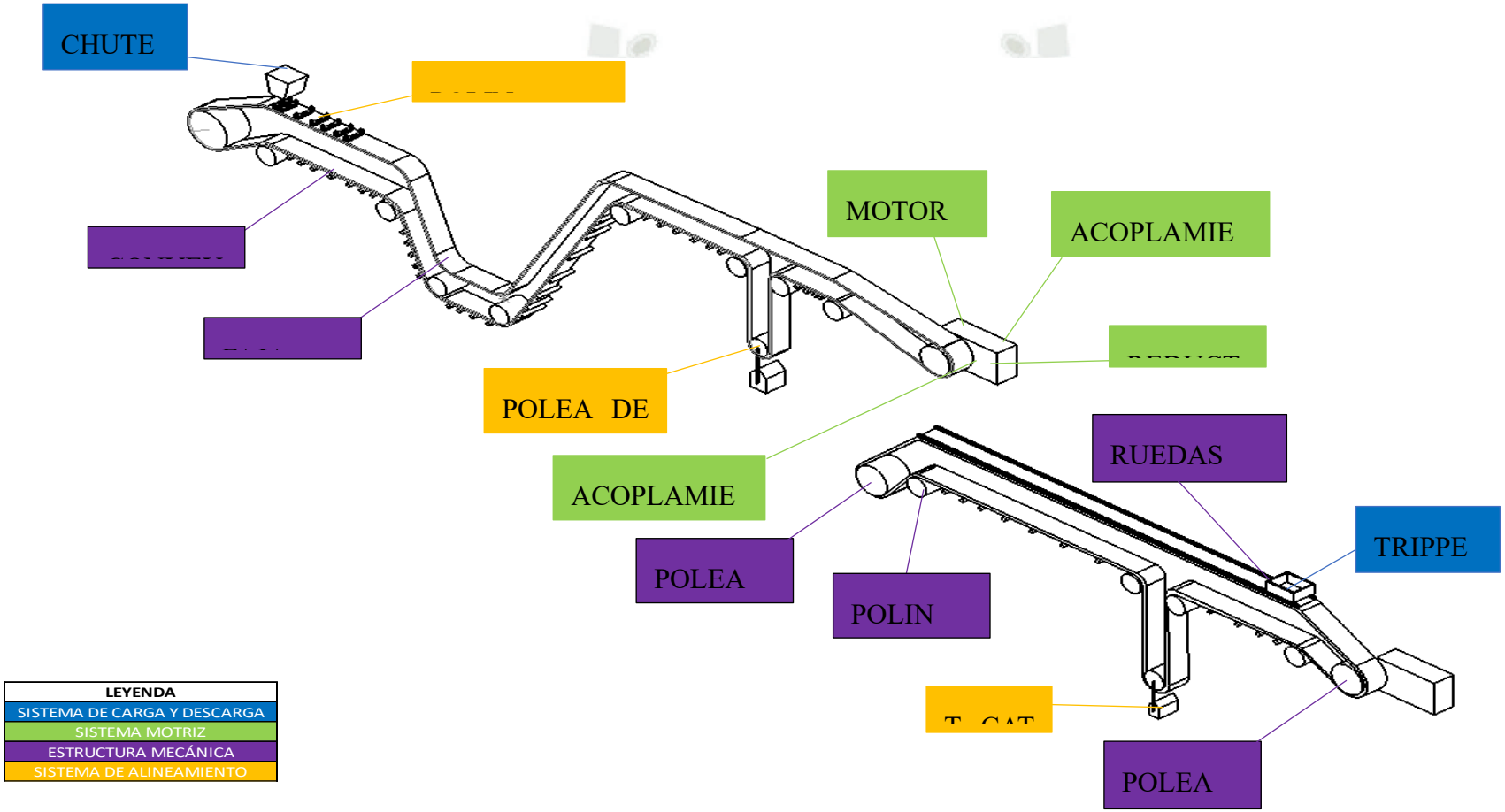
El sistema de contención con los polines guiadores, polea de contrapeso, T-Cat, relé de protección de motores, detector de metales, balanza, aspersores o regadores, polín de impacto o contención,

Finalmente, el sistema de limpieza que contiene, limpiador primario, limpiador secundario, rascador, contrapeso de limpia faja.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

Figura 25

Partes de la faja en 3 dimensiones

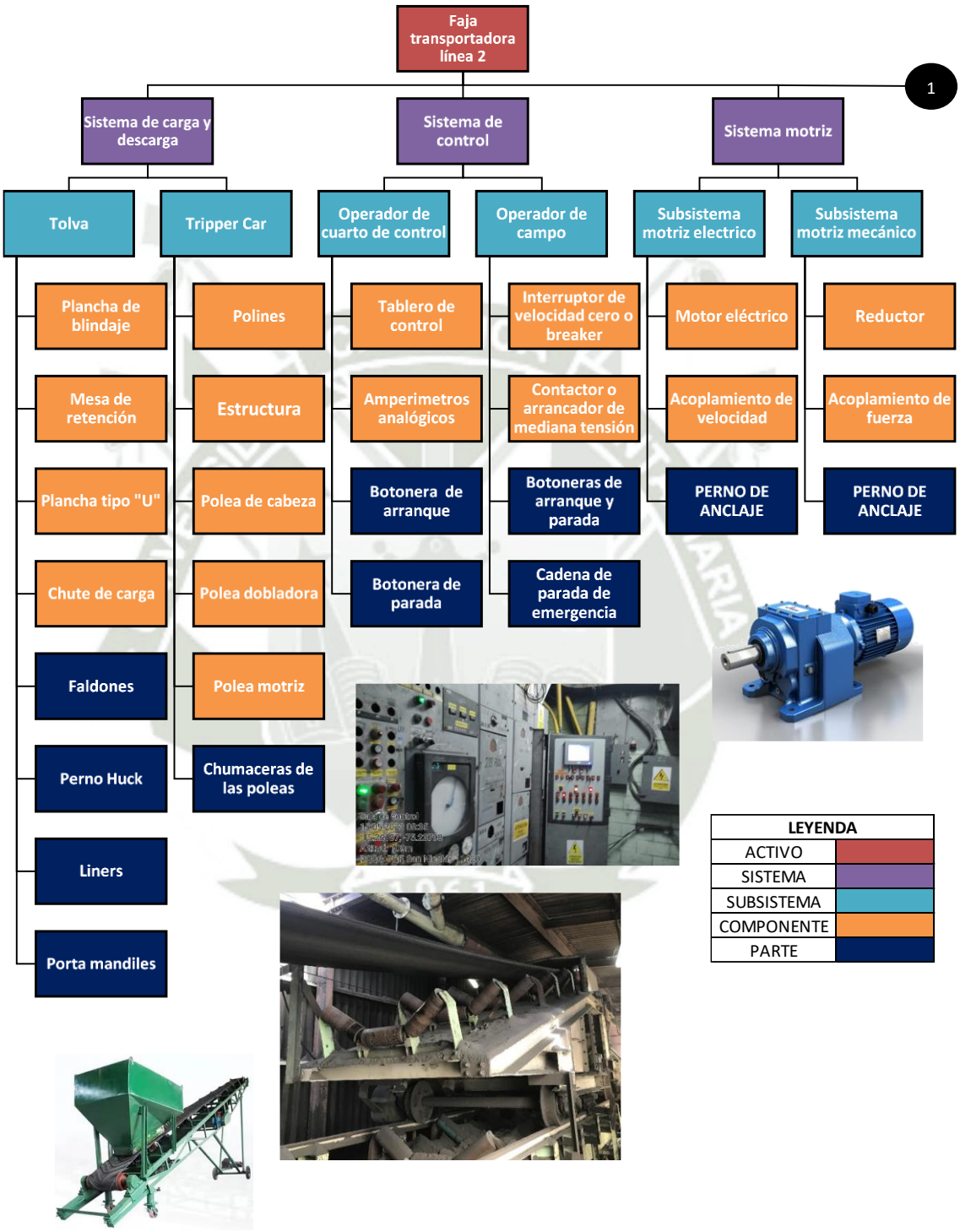


REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 26

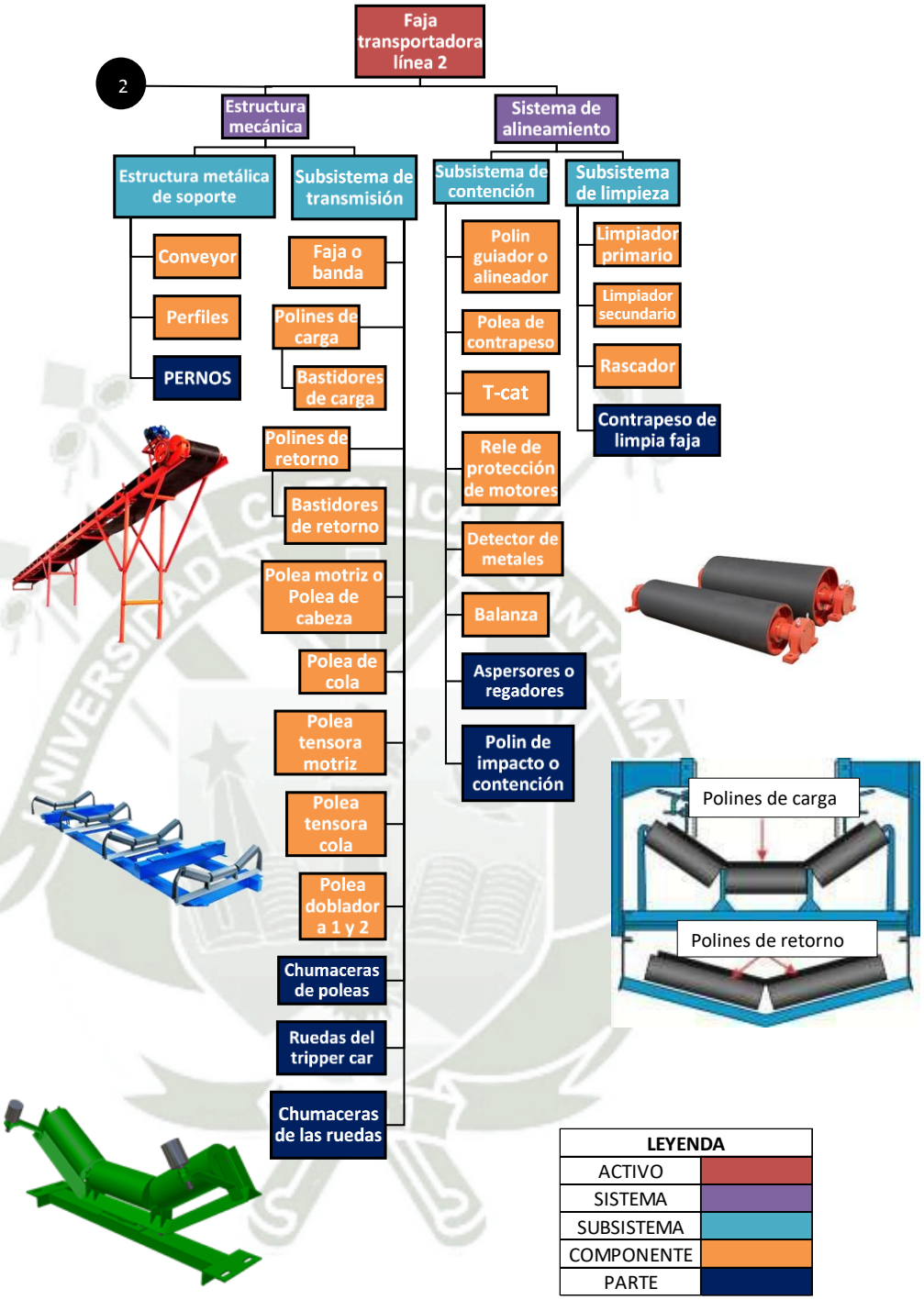
Sistema de la Faja Línea 2



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA



A continuación, se describirá, las partes y Sistemas que conforman esta taxonomía.

4.2.1. Definición de Sistema de Carga y Descarga

Este sistema como su nombre indica es el responsable de la recepción del mineral que será transportado por la faja transportadora y a su vez comprende la finalización del recorrido con la descarga de la misma.

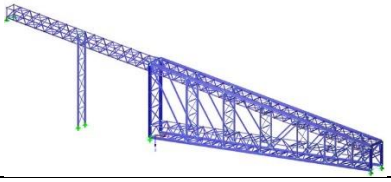
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 13.

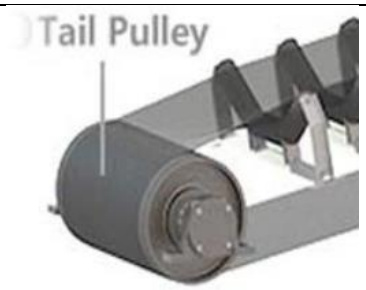
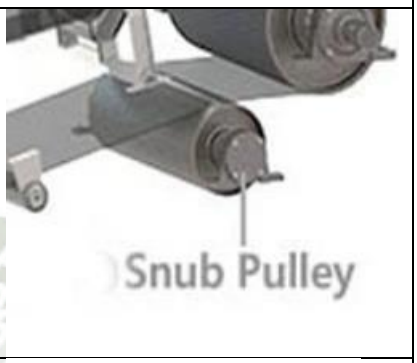
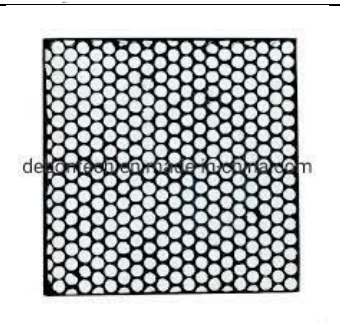
Sistema de Carga y Descarga

ACTIVO	SISTEMA	SUBSISTEMA	COMPONENTES	PARTES
Faja Transportadora de la Línea 2	Sistema de Carga y Descarga de la Faja Transportadora	Tolva	Plancha de blindaje	Faldones
			Mesa de retención	Perno Huck
			Plancha tipo "U"	Liners
			Chute de carga	Porta Mandiles
		Tripper Car	Estructuras	Chumaceras de polea
			Polea de cabeza	
			Polea dobladora	
			Polea motriz	

Componente	**Definición**	**Imagen**
Plancha de blindaje	Superficie protectora que resguarda componentes críticos de la faja transportadora contra desgaste y daños causados por el material transportado.	
Mesa de retención	Plataforma utilizada para mantener y estabilizar el material en la cinta transportadora, asegurando un flujo continuo y evitando derrames.	
Plancha tipo "U"	Elemento estructural en forma de "U" que proporciona soporte y rigidez a las secciones de la cinta transportadora.	
Chute de carga	Conducto que dirige el material desde un punto elevado hasta la cinta transportadora, asegurando un flujo constante y controlado.	
Estructuras	Conjunto de componentes metálicos que soportan y mantienen en posición la cinta transportadora y sus accesorios.	

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

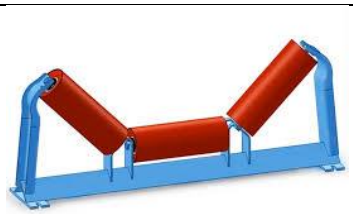
REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Polea de cabeza	Rodillo ubicado en el extremo de la cinta transportadora que impulsa el movimiento de la cinta y soporta la tensión de esta.	
Polea dobladora	Rodillo que cambia la dirección de la cinta transportadora, ayudando a reducir la tensión y a guiar la cinta en su recorrido.	
Polea motriz	Rodillo conectado al motor que transmite la potencia para mover la cinta transportadora, actuando como el principal impulsor del sistema.	
Faldones	Barreras laterales instaladas a lo largo de la cinta transportadora para contener el material y evitar derrames durante el transporte.	
Perno Huck	Elemento de fijación utilizado para unir componentes estructurales de la cinta transportadora, conocido por su alta resistencia y durabilidad.	
Liners	Revestimientos internos que protegen los componentes de desgaste y daño, prolongando la vida útil del equipo y mejorando su eficiencia.	

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Porta Mandiles	Soporte que sostiene los rodillos o mandriles en su lugar, permitiendo su rotación libre y asegurando el correcto funcionamiento de la cinta transportadora.	
Chumaceras de polea	Cojinetes que soportan las poleas de la cinta transportadora, permitiendo su rotación suave y minimizando la fricción y el desgaste.	

4.2.2. Definición de Sistema de Control

El presente sistema, es el encargado de controlar todas las funciones de inicio, durante y al finalizar la operación, este sistema se divide en dos subsistemas, debido al control que se realiza, tanto en el cuarto de control, como también el control que se realiza por parte de los operadores en campo. Ambos subsistemas constan de sus respectivos componentes funcionales como se observa en la figura 21.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 14.

Sistema de Control

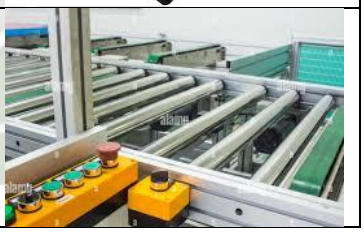
ACTIVO	SISTEMA	SUBSISTEMA	COMPONENTES	PARTES
Faja Transportadora de la Línea 2	Sistema de Control de la Faja Transportadora	Operador de cuarto de control	Tablero de control	Botonera de arranque
			Amperimetros analógicos	Botonera de parada
		Operador de campo	Interruptor de velocidad cero o breaker	Botonera de arranque y parada
			Contactor o arrancador de mediana tensión	Cadena de parada de emergencia

Componente	**Definición**	**Imagen**
Tablero de control	Panel que contiene los dispositivos de control y monitoreo de un sistema eléctrico, permitiendo la gestión y supervisión de su funcionamiento.	
Amperímetros analógicos	Instrumentos que miden la corriente eléctrica en un circuito y muestran los valores en una escala graduada con una aguja indicadora.	
Interruptor de velocidad cero o breaker	Dispositivo de protección que interrumpe el flujo de corriente en un circuito cuando detecta una condición anómala, como sobrecargas o cortocircuitos.	

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Contactor o arrancador de mediana tensión	Dispositivo electromecánico utilizado para conectar y desconectar circuitos eléctricos de mediana tensión, controlando el flujo de energía hacia motores y equipos.	
Botonera de arranque	Interruptor manual que permite iniciar el funcionamiento de un equipo o sistema eléctrico al ser presionado.	
Botonera de parada	Interruptor manual que permite detener el funcionamiento de un equipo o sistema eléctrico al ser presionado.	
Botonera de arranque y parada	Dispositivo que combina las funciones de inicio y detención de un equipo o sistema eléctrico, permitiendo su control desde un solo punto.	
Cadena de parada de emergencia	Mecanismo de seguridad que permite detener inmediatamente el funcionamiento de un equipo o sistema en caso de emergencia, garantizando la seguridad operativa.	

4.2.3. Definición de Sistema Motriz

Este sistema contempla los distintos funcionamientos que pueden tener los elementos que componen la faja, siendo compuesto por dos sistemas, que son el sistema mecánico y el sistema eléctrico.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 15

Sistema Motriz

ACTIVO	SISTEMA	SUBSISTEMA	COMPONENTES	PARTES
Faja Transportadora de la Línea 2	Sistema Motriz de la Faja Transportadora	Subsistema motriz eléctrico	Motor eléctrico	Perno de anclaje
			Acoplamiento de velocidad	
		Subsistema motriz mecánico	Reductor	Perno de anclaje
			Acoplamiento de fuerza	

Componente	**Definición**	**Imagen**
Motor eléctrico	Dispositivo que convierte energía eléctrica en energía mecánica, proporcionando el movimiento necesario para operar diversos equipos y maquinarias.	
Acoplamiento de velocidad	Mecanismo que conecta dos ejes en una transmisión de energía, permitiendo variaciones en la velocidad de rotación entre el motor y la maquinaria.	
Reductor	Dispositivo que reduce la velocidad de rotación y aumenta el torque de un motor para adaptarse a las necesidades de la maquinaria conectada.	
Acoplamiento de fuerza	Conector entre dos ejes que transmite torque y movimiento rotacional, asegurando la alineación y absorbiendo las variaciones en el desplazamiento.	
Perno de anclaje	Elemento de fijación que asegura equipos y estructuras a una base, proporcionando estabilidad y resistencia a las cargas aplicadas.	

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

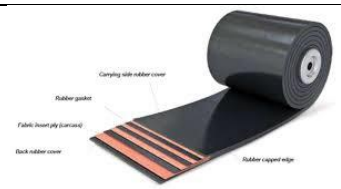
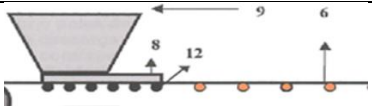
4.2.4. Definición de Estructura Mecánica

Este sistema contempla toda la estructura que compone a la maquina estudiada, en ella están los componentes y el soporte en que se apoyan los anteriormente mencionados, divididos en dos tipos de sistemas.

Tabla 16

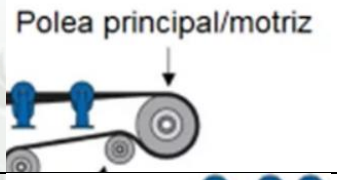
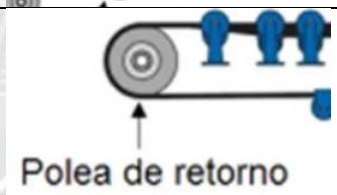
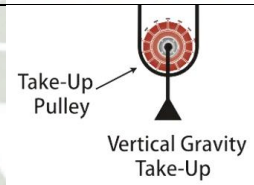
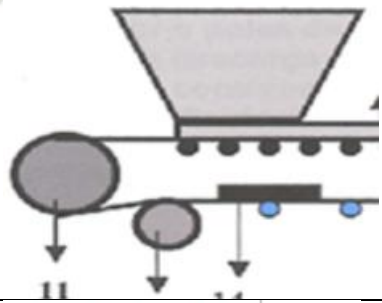
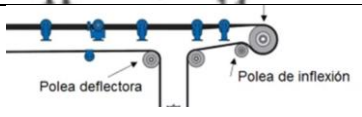
Estructura Mecánica

ACTIVO	SISTEMA	SUBSISTEMA	COMPONENTES	PARTES
Faja Transportadora de la Línea 2	Estructura Mecánica de la Faja Transportadora	Estructura metálica de soporte	Conveyor	PERNOS
			Perfiles	
		Subsistema de transmisión	Faja o banda	Chumaceras de polea
			Polines de carga	
			Bastidores de carga	
			Polines de retorno	
			Bastidores de retorno	Ruedas del tripper car
			Polea motriz o de cabeza	
			Polea de cola	
			Polea tensora motriz	Chumaceras de las ruedas
			Polea tensora cola	
			Polea dobladora 1 y 2	

Componente	Definición	Imagen
Conveyor	Sistema mecánico para el transporte de materiales a granel mediante una cinta o banda continua, utilizada en diversos sectores industriales.	
Perfiles	Estructuras metálicas que proporcionan soporte y rigidez a la cinta transportadora, asegurando su correcta alineación y funcionamiento.	
Faja o banda	Cinta continua de material flexible que transporta materiales a lo largo de su recorrido, siendo el componente principal del conveyor.	
Polines de carga	Rodillos que soportan y guían la banda transportadora en la sección de carga, reduciendo la fricción y permitiendo un movimiento suave.	

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

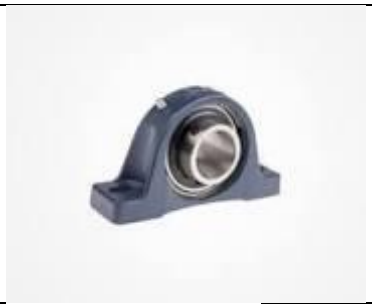
REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Bastidores de carga	Estructuras que sostienen los polines de carga, proporcionando soporte y estabilidad a la banda transportadora durante la carga de material.	
Polines de retorno	Rodillos que soportan la banda transportadora en su recorrido de retorno, manteniendo la tensión y alineación adecuada.	
Bastidores de retorno	Estructuras que sostienen los polines de retorno, asegurando el correcto soporte y alineación de la banda en su trayecto de retorno.	
Polea motriz o de cabeza	Rodillo principal que impulsa la banda transportadora, transmitiendo el movimiento generado por el motor a través del acoplamiento.	
Polea de cola	Rodillo ubicado en el extremo opuesto a la polea motriz, proporcionando tensión y soporte a la banda transportadora.	
Polea tensora motriz	Rodillo ajustable que mantiene la tensión adecuada en la banda transportadora cerca de la polea motriz, asegurando un funcionamiento eficiente.	
Polea tensora cola	Rodillo ajustable que mantiene la tensión adecuada en la banda transportadora cerca de la polea de cola, asegurando un funcionamiento eficiente.	
Polea dobladora 1 y 2	Rodillos que cambian la dirección de la banda transportadora, ayudando a guiarla y mantener la tensión adecuada en su recorrido.	

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Pernos	Elementos de fijación que unen los diferentes componentes de la cinta transportadora, proporcionando estabilidad y resistencia estructural.	
Chumaceras de polea	Cojinetes que soportan las poleas de la cinta transportadora, permitiendo su rotación suave y minimizando la fricción y el desgaste.	
Ruedas del tripper car	Ruedas que permiten el desplazamiento del tripper car a lo largo del conveyor, facilitando la distribución del material en diferentes puntos de la cinta.	
Chumaceras de las ruedas	Cojinetes que soportan las ruedas del tripper car, permitiendo su rotación suave y minimizando la fricción y el desgaste durante el desplazamiento.	

4.2.5. Definición de Sistema de Alineamiento

Este sistema comprende la función de orden por definirlo en una palabra ya que las funciones de los sistemas que lo componen son el de contener y limpiar, y de esa manera la faja transportadora este siempre alineada a cumplir su función.

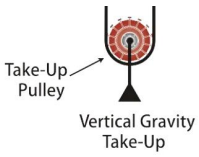
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 17

Sistema de Alineamiento

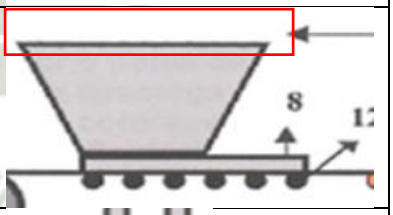
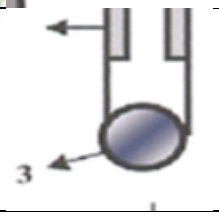
ACTIVO	SISTEMA	SUBSISTEMA	COMPONENTES	PARTES
Faja Transportadora de la Línea 2	Sistema de alineamiento de la Faja Transportadora	Subsistema de contención	Polin guiador o alineador	Aspersores o regadores
			Polea de contrapeso	
			T-cat	
			Rele de protección de motores	Polin de impacto o contención
			Detector de metales	
			Balanza	
		Subsistema de limpieza	Limpiador primario	Contrapeso de limpia faja
			Limpiador secundario	
			Rascador	

Componente	**Definición**	**Imagen**
Polin guiador o alineador	Rodillo que guía y mantiene la alineación de la banda transportadora, evitando desvíos y garantizando un recorrido recto y eficiente.	
Polea de contrapeso	Rodillo que, con la ayuda de un contrapeso, mantiene la tensión adecuada en la banda transportadora, compensando las variaciones de carga.	
T-cat	Sistema o dispositivo utilizado para medir y controlar la tensión en la banda transportadora, asegurando su correcto funcionamiento.	
Relé de protección de motores	Dispositivo que protege los motores eléctricos contra condiciones anómalas como sobrecargas, cortocircuitos y fallos de fase, desconectándolos automáticamente.	

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Detector de metales	Dispositivo que detecta la presencia de metales no deseados en el material transportado, protegiendo el equipo de daños y evitando contaminaciones.	
Balanza	Instrumento que mide el peso del material transportado en la banda, proporcionando datos precisos para el control de inventarios y procesos.	
Limpiador primario	Dispositivo que remueve el material adherido a la banda transportadora en su punto de descarga, mejorando su eficiencia y reduciendo el desgaste.	
Limpiador secundario	Dispositivo adicional que limpia la banda transportadora después del limpiador primario, asegurando la eliminación de residuos y material fino.	
Rascador	Herramienta utilizada para limpiar y remover el material adherido a la banda transportadora, evitando acumulaciones y mejorando su rendimiento.	
Aspersores o regadores	Dispositivos que aplican agua u otros líquidos a la banda transportadora, ayudando en la limpieza y control de polvo del material transportado.	
Polin de impacto o contención	Rodillo diseñado para absorber el impacto del material en la zona de carga, protegiendo la banda transportadora y reduciendo el daño por impactos.	
Contrapeso de limpia faja	Peso utilizado en los sistemas de limpieza de la banda transportadora para mantener la presión adecuada del limpiador contra la banda.	

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.2.6. Definición de Sistema de Alineamiento

Este sistema comprende la función de orden por definirlo en una palabra ya que las funciones de los sistemas que lo componen son el de contener y limpiar, y de esa manera la faja transportadora este siempre alineada a cumplir su función.

Tabla 18

Sistema de Alineamiento

ACTIVO	SISTEMA	SUBSISTEMA	COMPONENTES	PARTES
Faja Transportadora de la Línea 2	Sistema de alineamiento de la Faja Transportadora	Subsistema de contención	Polin guiador o alineador	Aspersores o regadores
			Polea de contrapeso	
			T-cat	
			Rele de protección de motores	Polin de impacto o contención
			Detector de metales	
			Balanza	
		Subsistema de limpieza	Limpiador primario	Contrapeso de limpia faja
			Limpiador secundario	
			Rascador	

4.3. Análisis de Criticidad de la Faja Transportadora

El análisis de criticidad no es solo una metodología que nos ayuda si bien a crear un plan de mantenimiento eficiente, este es uno de los cimientos que se necesita para estructurar una correcta cultura de trabajo y prevención, ya que permite revisar el riesgo que pueden llegar a correr los activos en una empresa. Es otras palabras, lo que busca el análisis de riesgo es clasificar a los activos de la empresa según el impacto positivo o negativo que pueden llegar a traer estos en las operaciones y en la seguridad. Permitiendo así centrar mejor nuestros recursos físicos y económicos de mantra consciente.

Existen cinco tipos de métodos que podemos utilizar para cuando nos referimos realizar análisis de criticidad

1. Método de Ciliberti
2. Método Noesok Standard Z-008
3. Inspección Basada en Riesgo (IBR)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4. Análisis de Criticidad de Factores Ponderados
5. Análisis de Criticidad Integral de Activos. (Reliability and Risk Management, 2016)

Nos centraremos y optaremos por trabajar con el Análisis de Criticidad de Factores Ponderados, ya que es el que más se acopla a nuestro plan de investigación y futuro plan de mantenimiento. (Parra & Crespo, 2020)

4.3.1. Análisis de Criticidad de Factores Ponderados

Este método de origen inglés, se le atribuye a un grupo de consultores llamados "The Woodhouse Partnership Limited", ellos desarrollaron esta metodología en Inglaterra y es en su autoría, en quien nos basaremos para realizar nuestro análisis de criticidad.

Nos indican que trabajaremos con el riesgo, la frecuencia y la consecuencia, siendo estos:

$$\boldsymbol{RIESGO = FRECUENCIA\,.\,CONSECUENCIA}$$

$$\boldsymbol{FRECUENCIA = N^{O}\ FALLOS\ EN\ UN\ TIEMPO\ DETERMINADO\ (POR\ MES)}$$

$$\boldsymbol{CONSECUENCIA =}$$

$$\boldsymbol{= [(IMPACTO\ OPERACIONAL.FLEXIBILIDAD) + COSTO\ MTTO + IMPACTO\ SHA]}$$

A continuación, trabajaremos nuestros factores ponderados principales, en referencia a unas tablas que brinda la misma metodología. Cabe recalcar que los valores referidos serán tomados, en previa reunión con el equipo a trabajar, es decir todas las áreas involucradas en el contexto operacional; tomando información real de la empresa a evaluar, para tener los valores más certeros, así permitiendo un mejor análisis. (Limited, Woodhouse Partnership, 2019)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 19

Frecuencia de fallos

FRECUENCIA DE FALLOS	
Mayor a 4 fallas al año	4
3 - 4 fallas al año	3
1 - 2 fallas al año	2
No presenta fallas en el año	1

Nota: Woodhause, (2019).

Tabla 20.

Impacto Operacional

IMPACTO OPERACIONAL	PONDERACIÓN
Parada inmediata de toda producción	10
Afecta a más del 50% de la producción	7
Afecta menos del 50% de la producción	4
No afecta a la producción	1

Nota: Woodhause, (2019).

Tabla 21

Flexibilidad Operacional

FLEXIBILIDAD OPERACINAL (FO)	PONDERACIÓN
No existe equipo de respaldo	4
Hay equipo de respaldo	2
Se tiene equipo/repuesto en almacén	1

Nota: Woodhause, (2019).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 22.

Costo de Mantenimiento

COSTO DE MANTENIMIENTO (CM)	PONDERACIÓN
Más de 50000 US$	3
Entre 5000 US$ y 50000 US$	2
Menos de 5000 US$	1

Nota: Woodhause, (2019).

Tabla 23

Impacto en seguridad ambiente higiene

IMPACTO EN SEGURIDAD AMBIENTE HIGIENE (SAH)	PONDERACIÓN
Afecta a la seguridad humana	8
Afecta al medio ambiente produciendo daños irreversibles	6
Afecta a las instalaciones causando daños severos	4
Provoca daños menores - accidentes e incidentes	2
Provoca impacto ambiental cuyo efecto no viola las normas ambientales	1
No provoca ningún tipo de daño a personas, instalaciones o al ambiente	0

Nota: Woodhause, (2019).

Finalmente, para poder hallar los valores referidos a la criticidad, ya sea que evaluemos el sistema, subsistema y componentes como haremos a continuación, seguiremos los parámetros que también nos brinda el método, donde:

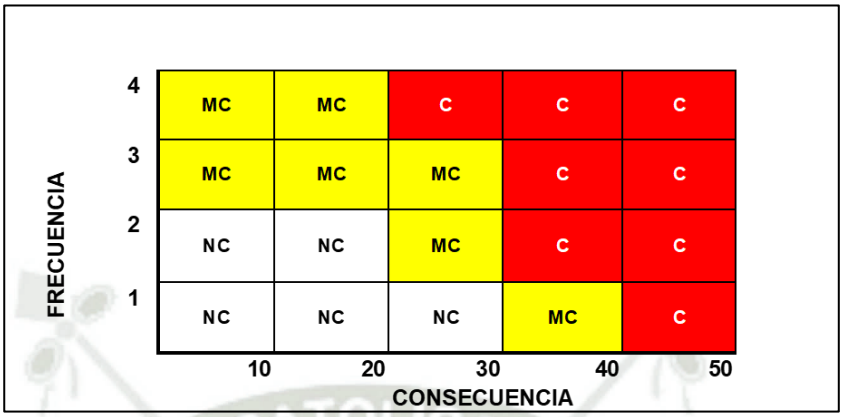
- A: Altamente crítico.
- B: Moderadamente crítico.
- C: Baja criticidad

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 27

Matriz de Criticidad



Nota: Woodhause, (2019).

4.3.2. Análisis de Criticidad de los Sistemas

Tabla 24

Análisis de Criticidad de los Sistemas

Shougang Hierro Perú. S.A.A
Planeamiento y Programación de Mantenimiento

ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LOS SISTEMAS

NOMBRE :	**ING. JORGE ETCHEBARNE DURAND**
AÑO:	**2024**

EQUIPO	SISTEMA	IMPACTO OPERACIONAL	FLEXIBILIDAD	COSTO DE MANTENIMIENTO	IMPACTO SAH	CONSECUENCIA	FRECUENCIA DE FALLOS	CRITICIDAD
FAJA TRANSPORTADORA LÍNEA 2	Sistema de Carga y Descarga	10	4	2	2	44	1	**B**
	Sistema de Control	10	1	1	8	19	1	C
	Sistema Motriz	10	4	1	0	41	2	**B**
	Estructura Mecánica	10	2	3	8	31	4	A

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

	Sistema de alineamiento	10	4	2	4	46	2	A

Observación: Lo que podemos observar a primera vista general del sistema es que los más críticos se encuentran en la estructura mecánica y en el sistema de alineamiento, no obstante, el sistema de carga y descarga, aunque aún se mantiene en una criticidad moderada, por valor numérico, nos refleja que también está en un limbo con una alta criticidad, a continuación, realizaremos un análisis al subsistema para poder ver un poco más a fondo el motivo de estos resultados.

4.3.3. Análisis de Criticidad de Subsistemas

Tabla 25. Análisis de Criticidad de Subsistemas de los Sistemas Críticos

Shougang Hierro Perú. S.A.A
Planeamiento y Programación de Mantenimiento

ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE SUBSISTEMAS DE SISTEMAS CRÍTICOS

NOMBRE:	**ING. JORGE ETCHEBARNE DURAND**
AÑO:	**2024**

EQUIPO	SISTEMA	SUBSISTEMA	IMPACTO	FLEXIBILIDAD	COSTO DE	IMPACTO SAH	CONSECUENCIA	FRECUENCIA	CRITICIDAD
FAJA TRANSPORTADORA LÍNEA 2	Sistema de Carga y Descarga	Tolva	10	4	1	8	49	3	A
		Tripper Car	4	4	4	0	20	1	C
	Sistema de Control	Operador de cuarto de control	10	2	1	8	29	1	C
		Operador de campo	10	2	1	8	29	1	C

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

	Sistema Motriz	Subsistema Motriz Eléctrico	10	4	1	6	47	2	**B**
		Subsistema Motriz Mecánico	10	4	1	6	47	2	**B**
	Estructura Mecánica	Estructura metálica de soporte	10	4	2	8	50	1	A
		Subsistema de transmisión	10	2	2	8	30	4	A
	Sistema de alineamiento	Subsistema de contensión	10	2	1	6	27	2	C
		Subsistema de limpieza	1	1	1	6	8	2	C

Observación: En el análisis de subsistemas podemos comprender un poco mejor los resultados anteriores, dado por qué en el Sistema de carga y descarga, nos permitía ver que roza entre un valor moderadamente crítico y uno altamente crítico, esto debido a que uno de los dos subsistemas que los conforman es altamente crítico, siendo este la tolva, mientras que el tripper car, es un componente de baja criticidad. En tanto a los otros sistemas que se mostraban críticos, si bien los subsistemas que conforman a la estructura mecánica nos arrojan valores críticos, en el sistema de alineamiento, nos muestran que son de baja criticidad. Por ellos realizaremos un análisis de criticidad en todos los componentes de los subsistemas, así se nos muestren con valores de baja criticidad, para entender mejor a que se debe este resultado.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.3.4. Análisis de Criticidad de Componentes Críticos

Tabla 26

Análisis de Criticidad de Componentes Críticos de los Subsistemas

ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE COMPONENTES DE SUBSISTEMAS CRÍTICOS											
Shougang Hierro Perú. S.A.A Planeamiento y Programación de Mantenimiento		NOMBRE:	ING. JORGE ETCHEBARNE DURAND								
		AÑO:	2024								
EQUIPO	SISTEMA	SUBSISTEMA	COMPONENTES	IMPACTO	FLEXIBILIDAD	COSTO DE	IMPACTO SAH	CONSECUENCIA	FRECUENCIA	CRITICIDAD	
FAJA TRANSPORTADORA LÍNEA 2	Sistema de Carga y Descarga	Tolva	Plancha de blindajes	10	2	2	8	30	4	A	
			Mesa de retención	10	2	2	8	30	4	A	
			Plancha tipo "U"	10	2	2	8	30	4	A	
			Chute de carga	10	2	2	8	30	4	A	
			Faldones	4	2	1	6	15	1	C	
			Perno Huck	4	2	1	6	15	1	C	
			Liners	4	2	1	6	15	1	C	
			Porta mandiles	4	2	1	6	15	1	C	
		Tripper Car	Estructura	10	4	2	6	48	1	**B**	
			Polea de cabeza	10	4	2	4	46	2	**B**	
			Polea dobladora	10	4	2	4	46	2	**B**	
			Polea motriz	10	4	3	4	47	2	**B**	
			Chumaceras de poleas	10	4	1	4	45	2	**B**	
	Sistema de control	Operdor de Cuarto de Control	Tablero de control	10	1	1	8	19	1	C	
			Amperimetros analógicos	10	1	1	8	19	1	C	
		Operador de Campo	Interruptor de velocidad cero	10	1	1	8	19	1	C	

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

			Contactor de mediana tensión	10	1	1	8	19	1	C
			Cadena de parada de emergencias	10	1	1	8	19	1	C
	Sistema Motriz	Subsistema Motriz Eléctrico	Motor eléctrico	10	4	3	4	47	2	**B**
			Acoplamiento de velocidad	10	4	2	4	46	2	**B**
		Subsistema Motriz Mecánico	Reductor	10	4	2	4	46	2	**B**
			Acoplamiento de fuerza	10	4	2	4	46	2	**B**
	Estructura Mecánica	Estructura Metálica de Soporte	CONVEYOR	10	4	3	8	51	1	A
			Perfiles	10	4	3	8	51	1	A
		Subsistema de transmisión	Faja o Banda	10	2	2	6	28	2	**B**
			Polines de carga	7	2	1	4	19	3	**B**
			Bastidores de carga	7	2	1	4	19	1	C
			Polines de retorno	10	2	2	4	26	3	**B**
			Bastidores de retorno	10	2	2	4	26	2	C
			Polea motriz o polea de cabeza	10	2	3	4	27	2	C
			Polea de cola	10	2	2	4	26	2	C
			Polea tensora motriz	10	2	3	4	27	2	C
			Polea tensora cola	10	2	2	4	26	2	C
			Polea dobladora 1 y 2	10	2	2	4	26	2	C
			Chumacera de las poleas	10	2	1	4	25	2	C
			Ruedas del tripper car	10	2	2	4	26	2	C
			Chumaceras de las ruedas	10	2	1	4	25	2	C
	Sistema de Alineamiento	Subsistema de Contensión	Polin guiador o alineador	4	2	1	6	15	3	**B**
			Polea de contrapeso	10	2	3	8	31	1	C
			T-CAT	10	4	2	8	50	1	A
			Rele de protección de motores	10	4	3	8	51	3	A

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

			Detector de metales	10	4	3	8	51	1	A
			Balanza	10	4	3	4	47	1	**B**
			Aspersores o regadores	1	1	1	8	10	2	C
			Polin de impacto o contención	10	2	1	8	29	1	C
		Subsistema de Limpieza	Limpiador primario	1	1	1	6	8	2	C
			Limpiador secundario	1	1	1	6	8	2	C
			Rascador	1	1	1	6	8	2	C
			Contrapeso de limpia faja	1	2	1	6	9	2	C

Observación: En este análisis de criticidad de componentes podemos observar que al no despreciar a los valores de baja criticidad arrojados en el componente, podemos ver que efectivamente en algunas componentes que forman estos subsistemas son valores altamente críticos, como es el caso de la tolva pero en subsistemas como el tripper car que nos indicaba valores de criticidad baja, aquí se muestra en moderadamente alta y numéricamente un poco aproximándose a altamente crítico, así mismo podemos ver el fenómeno de ver valores mínimos críticos pero aquí altamente críticos, como es el caso del sistema de alineamiento y esto porque si bien tanto componentes de limpieza como contención se engloban en los roles de alineamiento, al separar sus partes, podemos ver que alguno si tienen valores crítico y esto debido al poco seguimiento de estos componentes y debido a la frecuencia de errores que suele haber y de intentar solucionar al momento mas no tener planes y mucho menos repuestos para acortar estas horas de paradas intempestivas.

Ahora que pudimos analizar y determinar que partes son críticos, procederemos a poder analizar las potenciales fallas que pueden llevar a estos grados de criticidad.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.4. Análisis de Criticidad Método de Ciliberti

Este enfoque cualitativo combina dos matrices de criticidad: una desarrollada desde la perspectiva de la seguridad de los procesos y otra desde la perspectiva del impacto en la producción. Estas matrices se integran en una matriz de criticidad global, lo que permite determinar la criticidad total del equipo analizado. Este método es el más exhaustivo, ya que evalúa de manera independiente las probabilidades y consecuencias en las áreas de seguridad, salud y ambiente (SHA) y producción, para luego combinar los resultados obtenidos. (Belloso, 2019)

4.4.1. Matrices de Criticidad para SHA

Determinaremos el valor, comenzando por la Tabla 1 donde calificaremos en una escala de muy alta a despreciable, que estarán determinadas de la letra A hacia la E. Después de obtener los valores, procederemos a la tabla 3, donde veremos la probabilidad de frecuencia con la que pueden ocurrir los fallos, donde serán medidos del 1 al 5. Finalmente, en esta primera parte del proceso, entraremos con los valores obtenidos, a la Matriz de Criticidad para SHA.

Tabla 27

Categoría de Consecuencias de Seguridad, Higiene y Ambiente

Tabla: 1 Categorías de las Consecuencias de Seguridad, Higiene y Ambiente.		
A	Muy Alta	Múltiples fatalidades del personal propio o contratado.
B	Alta	Muerte de un trabajador propio o contratado. Daños severos o enfermedades en personal de la unidad de producción.
C	Media	Tratamiento médico requerido para el personal de la instalación. Incidentes ambientales menores que requieren sean reportados según los lineamientos de Seguridad, Higiene y Ambiente.
D	Baja	Tratamiento médico menor o cuidados de primeros auxilios requeridos para el personal de la planta. Incidentes ambientales no reportables.
E	Despreciable	Ninguna consecuencia de seguridad, higiene y ambiente.

Nota: Belloso, (2019).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 28

Categoría de Probabilidades Seguridad, Higiene y Ambiente

Tabla: 3 Categorías de Probabilidades Seguridad - Higiene y Ambiente.		
1	Muy Alta	Uno o mas eventos es posible que suceden anualmente.
2	Alta	Varios eventos es posible que sucedan a lo largo de la vida útil del activo o de la unidad.
3	Media	Un evento es posible que suceda en la vida útil del activo o de la unidad.
4	Baja	No se espera que suceda un evento a lo largo de la vida útil del activo o de la unidad, pero la ocurrencia del mismo es posible.
5	Despreciable	Practicamente imposible.

Nota: Belloso, (2019).

Tabla 29

Matriz de Criticidad para SHA

MATRIZ DE CRITICIDAD PARA SHA							
CONSECUENCIA	MA	A	3	4	5	6	7
	A	B	2	3	4	5	6
	M	C	1	2	3	4	5
	B	D	0	1	2	3	4
	D	E	0	0	1	2	3
			5	4	3	2	1
			D	B	M	A	MA
			FRECUENCIA				

Nota: Belloso, (2019).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.4.2. Matrices de Criticidad para Procesos

Para la segunda parte del proceso comenzaremos evaluando nuestros valores en la tabla 2, que tiene el mismo sistema de la letra A hacia la E; de la misma forma tomaremos datos de la tabla 4, que cuenta con la medición desde el número 1 hacia el 5. Una vez Obtenidos ambos valores, ingresaremos esos datos hacia la tabla de Matrices de Criticidad para Procesos.

Para finalizar el proceso de criticidad, utilizaremos los resultados obtenidos de la tabla de Criticidad para SHA y de Criticidad para Procesos; con ellos ingresaremos a la tabla de Matriz General de Criticidad, para obtener el resultado de en que grado de criticidad se encuentra el sistema, subsistema o componente a evaluar.

Tabla 30

Categorías de Consecuencia de Procesos

Tabla: 2 Categorías de Consecuencia de Procesos		
A	Muy alta	Pérdidas mayores de producción. Impacto financiero a nivel corportivo
B	Alta	Impacto financiero a nivel de la unidad de producción. Pérdidas significantes de producción entre el 50% y el 100% por cortos períodos de tiempo (< 48 horas).
C	Media	Impacto financiero a nivel de la unidad de producción. Pérdidas de producción entre el 10% y el 50% por cortos períodos de tiempo(< 48 horas).
D	Baja	Pérdidas menores de producción (< 10%) por cortos períodos de tiempo (< 48 horas). Reducción de carga mayor al 10%
E	Despreciable	Capacidad del proceso de producción no impactada. Reducción de carga menor al 10%

Nota: Belloso, (2019).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 31

Categorías de Probabilidades de Procesos

Tabla: 4 Categorías de Probabilidades de Procesos		
1	Muy Alta	Definitivamente sucede (80% - 100%). 0 < MTBF =12 Meses
2	Alta	Probable (10% - 80%). 12 < MTBF = 36 Meses
3	Media	Posible (1% - 10%) 36 < MTBF =60 Meses
4	Baja	Improbable (0.1% - 1%) 60 < MTBF =120 Meses.
5	Despreciable	Practicamente imposible. (< 0.1%) MTBF = 120 Meses

Nota: Belloso, (2019).

Tabla 32.

Matrices de Criticidad para Procesos

MATRICES DE CRITICIDAD PARA PROCESOS							
Consecuencia	MA	A	3	4	5	6	7
	A	B	2	3	4	5	6
	MA	C	1	2	3	4	5
	B	D	0	1	2	3	4
	D	E	0	0	1	2	3
			5	4	3	2	1
			D	B	M	A	MA
			FRECUENCIA				

Nota: Belloso, (2019).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 33

Matriz General de Criticidad

MATRIZ GENERAL DE CRITICIDAD							
MA	NIVEL DE CRITICIDAD EN PROCESO	4_7	3	4	5	6	7
A		4	2	3	4	5	6
M		3	1	2	3	4	5
B		2	0	1	2	3	4
D		0_1	0	0	1	2	3
			0_!	2	3	4	4_7
			NIVEL DE CRITICIDAD EN SHA				
			D	B	M	A	MA

Nota: Belloso, (2019).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.4.3. Análisis de Criticidad de los Sistemas por el Método Ciliberti

Tabla 34

Análisis de Criticidad de los Sistemas por Ciliberti

Shougang Hierro Perú. S.A.A
Planeamiento y Programación de Mantenimiento

ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LOS SISTEMAS

NOMBRE: ING. JORGE ETCHEBARNE DURAND

AÑO: 2024

EQUIPO	SISTEMA	TABLA 1	TABLA 3	MATRIZ SHA	TABLA 2	TABLA 4	MATRIZ PROCESOS	MATRIZ GENERAL DE
FAJA TRANSPORTADORA LÍNEA 2	SISTEMA DE CARGA Y DESCARGA	D	1	4	C	1	5	6
	SISTEMA DE CONTROL	D	4	0	C	3	3	1
	SISTEMA MOTRIZ	D	1	3	A	1	7	5
	ESTRUCTURA MECÁNICA	A	3	5	A	4	4	6
	SISTEMA DE ALINEAMIENTO	A	1	6	A	1	7	7

OBSERVACIÓN: Podemos analizar que los sistemas de estructuras y de alineamiento siguen mostrando una alta criticidad, sin embargo el sistema de carga y el motriz ahora nos muestras una criticidad alta, en comparación al método de Criticidad de Factores Ponderados, esto debido al rango de medición de ambos sistemas, no obstante en el método anterior, el sistema de carga, rozaba los valores críticos, como también es el caso del sistema motriz, pero en este método de Ciliberti ya tienen valores críticos, esto respaldando la teoría de que el método de Ciliberti es más preciso. Ahora continuaremos, realizaremos un análisis de criticidad al subsistema para poder comparar y verificar la exactitud de criticidad.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.4.4. Análisis de Criticidad de Subsistemas por el Método Ciliberti

Tabla 35

Análisis de Criticidad de los Subsistemas por el Método Ciliberti

Shougang Hierro Perú. S.A.A
Planeamiento y Programación de Mantenimiento

ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE SUBSISTEMAS DE SISTEMAS CRÍTICOS

NOMBRE:	**ING. JORGE ETCHEBARNE DURAND**
AÑO:	**2024**

EQUIPO	SISTEMA	SUBSISTEMA	TABLA 1	TABLA 3	MATRIZ SHA	TABLA 2	TABLA 4	MATRIZ PROCESOS	MATRIZ GENERAL DE
FAJA TRANSPORTADORA LÍNEA 2	Sistema de Carga y Descarga	Tolva	D	1	4	A	1	7	6
		Tripper Car	D	4	1	C	2	4	2
	Sistema de Control	Operador de cuarto de control	E	4	0	D	4	1	0
		Operador de campo	D	4	0	D	4	1	0
	Sistema Motriz	Subsistema Motriz Eléctrico	D	3	2	C	2	4	3
		Subsistema Motriz Mecánico	D	3	2	C	2	4	3
	Estructura Mecánica	Estructura metálica de soporte	A	3	5	A	3	5	7
		Subsistema de transmisión	A	3	5	A	3	5	7
	Sistema de alineamiento	Subsistema de contención	D	3	2	C	3	3	2
		Subsistema de limpieza	D	3	2	D	3	2	1

Observación: En el análisis de criticidad de Ciliberti de subsistemas coindice mucho con el análisis de subsistemas por Factores Ponderados, pero dada la dicha precisión anteriormente mencionada del sistema de Ciliberti, podemos

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

observar que los subsistemas de contención y tripper car esta vez se encuentran con un grado más de criticidad, esto porque no desprecian en este sistema la proximidad a la criticidad si no que lo aproximan a la criticidad más alta según corresponda.

4.4.5. Análisis de Criticidad de Componentes por el Método Ciliberti

Tabla 36

Análisis de Criticidad de los Subsistemas por el Método Ciliberti

ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE COMPONENTES DE SUBSISTEMAS CRÍTICOS

Shougang Hierro Perú. S.A.A Planeamiento y Programación de Mantenimiento

NOMBRE: ING. JORGE ETCHEBARNE DURAND

AÑO: 2024

EQUIPO	SISTEMA	SUBSISTEMA	COMPONENTES	TABLA 1	TABLA 3	MATRIZ SHA	TABLA 2	TABLA 4	MATRIZ	MATRIZ
FAJA TRANSPORTADORA LÍNEA 2	Sistema de Carga y Descarga	Tolva	Plancha de blindajes	C	1	5	B	1	6	7
			Mesa de retención	C	2	4	B	1	6	6
			Plancha tipo "U"	C	2	4	B	1	6	6
			Chute de carga	C	2	4	B	1	6	6
			Faldones	D	4	1	D	3	2	0
			Perno Huck	D	4	1	D	3	2	0
			Liners	D	4	1	D	3	2	0
			Porta mandiles	D	4	1	D	3	2	0
		Tripper Car	Estructura	E	3	1	B	2	5	3
			Polea de cabeza	E	3	1	B	2	5	3
			Polea dobladora	E	3	1	B	2	5	3
			Polea motriz	E	3	1	B	2	5	3
			Chumaceras de poleas	E	3	1	B	2	5	3
	Sistema de control	Operdor de Cuarto de Control	Tablero de control	E	3	1	C	3	3	1
			Amperimetros analógicos	E	3	1	C	3	3	1
		Operador de Campo	Interruptor de velocidad cero	E	3	1	C	3	3	1
			Contactor de mediana tensión	E	3	1	C	3	3	1
			Cadena de parada de emergencias	E	3	1	C	3	3	1
			Motor eléctrico	D	2	3	C	1	5	5

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

	Sistema Motriz	Subsistema Motriz Eléctrico								
			Acoplamiento de velocidad	D	2	3	C	1	5	5
		Subsistema Motriz Mecánico	Reductor	D	2	3	C	1	5	5
			Acoplamiento de fuerza	D	2	3	C	1	5	5
	Estructura Mecánica	Estructura Metálica de Soporte	CONVEYOR	A	4	4	A	4	4	5
			Perfiles	A	4	4	A	4	4	5
		Subsistema de transmisión	Faja o Banda	C	3	3	C	3	3	3
			Polines de carga	C	3	3	C	3	3	3
			Bastidores de carga	E	4	0	D	4	1	0
			Polines de retorno	C	3	3	C	3	3	3
			Bastidores de retorno	E	4	0	D	4	1	0
			Polea motriz o polea de cabeza	D	3	2	D	3	2	1
			Polea de cola	D	3	2	D	3	2	1
			Polea tensora motriz	D	3	2	D	3	2	1
			Polea tensora cola	D	3	2	D	3	2	1
			Polea dobladora 1 y 2	D	3	2	D	3	2	1
			Chumacera de las poleas	E	4	0	D	4	1	0
			Ruedas del tripper car	E	4	0	D	4	1	0
			Chumaceras de las ruedas	E	4	0	D	4	1	0
	Sistema de Alineamiento	Subsistema de Contensión	Polin guiador o alineador	C	3	3	C	3	3	3
			Polea de contrapeso	D	3	2	D	3	2	1
			T-CAT	A	4	4	A	4	4	5
			Rele de protección de motores	B	3	4	B	3	4	5
			Detector de metales	D	3	2	B	1	6	4
			Balanza	C	3	3	C	3	3	3
			Aspersores o regadores	E	4	0	D	4	1	0
			Polin de impacto o contención	D	4	1	D	4	1	1
		Subsistema de Limpieza	Limpiador primario	E	4	0	D	4	1	0
			Limpiador secundario	E	4	0	D	4	1	0
			Rascador	E	4	0	D	4	1	0
			Contrapeso de limpia faja	E	4	0	D	4	1	0

Observación: En este análisis de criticidad de componentes por el método Ciliberti, podemos ver que en su gran mayoría coincide en resultados con el métodos de criticidad de Factores Ponderados, lo cual nos da una certeza de que el análisis y taxonomía desarrollados hasta el momento, son confiables para desarrollar nuestro plan de mantenimiento, no obstante, el dejar de resaltar la

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

eficiencia del método Ciliberti, ya que en algunos componentes como son el detector de metales, el motor eléctrico y el reductor aquí si se consideran críticos, mientras que en el anterior método solo nos arrojaban valores cercanos a la criticidad, lo que nos permitirá tener un mejor enfoque y precisión a la hora de seleccionar que equipos deben entrar a un mayor seguimiento de sus actividades para así evaluarlos ante posibles fallas.

4.5. Aplicación de mantenimiento centrado en la confiabilidad

4.5.1. Análisis de Modo de Fallas y Efectos

Con los sistemas definidos y sus elementos agrupados propiamente, es necesario analizar las actividades que estos realizan y así determinar cuáles pueden ser sus fallas y causales, como lo muestran las tablas a continuación.

4.5.1.1. Falla en Sistema de Carga y Descarga

La tabla 26 muestra las distintas fallas que se presentan en el Sistema de Carga y Descarga, así como en los elementos que la componen, ya sea por error humano o mala ejecución en el ensamble de las planchas ya que la mayoría de componentes son estos, por la función que desempeña este sistema de recibir el mineral en ellos. Se puede ver la tabla completa en el anexo 4.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

Tabla 37

Falla en Sistema de Carga y Descarga

ANALISIS DE MODO EFECTO DE FALLAS DEL SISTEMA DE CARGA Y DESCARGA									
FUNCION	**FALLA FUNCIONAL**	**MODO DE FALLO**					**CAUSALIDAD**	**CAUSA RAIZ**	**ERROR HUMANO**
	Nivel 1	**Nivel 2**		**Nivel 3**		**Nivel 4**	**Nivel 5**	**Nivel 6**	**Nivel 7**
Este sistema es responsable de la recepción del mineral que será transportado por la faja transportadora.	**FALLA EN SISTEMA DE CARGA Y DESCARGA**	1.1	Falla en tolva	1.1.1	Falla en plancha de blindaje	Desplazamiento de los platos del feder	Mal ajuste de las planchas	Tuerca ajustada incorrectamente	Error de montaje
								Tuerca de material incorrecto	Material mal especificado
						Zocalos mal colocados	Mal ajuste de zocalos	Tuerca ajustada incorrectamente	Error de montaje
									Material mal especificado
						Platos mal soldados	Mal soldadura de las planchas	Mal cordón de soldadura	Error de montaje
								Mala selección de materiales	Error de diseño
									Material mal especificado
				1.1.2	Falla en mesa de retención	Desprendimiento por golpe de mineral	Planchas mal soldadas	Mala penetración de la soldadura	Error de montaje
				1.1.3			Planchas mal soldadas	Mala penetración de la soldadura	Error de montaje

					Falla en plancha tipo "U"	Desprendimiento por golpe de mineral			
				1.1.4	Falla en chute de carga	Desprendimiento o desgaste de las planchas o platinas de retención	Ruptura de faja	Desgaste por fricción de la caída del mineral	Mal soldeo de platinas o planchas
							Atoro en el chute		Mal ajuste de planchas o blindajes
				1.1.5	Falla en faldones	Derrame	Desgaste prematuro	Uso excesivo	Error de operador
				1.1.6	Falla en pernos huck	Desgaste de la cabeza de perno	Desprendimiento de la plancha	Desgaste por fricción de la caída del mineral	Mal ajuste de pernos a las planchas
				1.1.7	Falla en liners	Mala calidad de la plancha	Desprendimiento de la plancha	Desgaste por fricción de la caída del mineral	Mal ajuste de pernos a las planchas
							Atoro en el chute		
				1.1.8	Falla en porta mandiles	Desgaste del porta mandil	Derrame del mineral	Tiempo de uso	Mal montaje por parte del mecánico
		1.2	Falla en el tripper car	1.2.1	Falla en polines	Ruptura de faja	Tiempo de uso	Desgaste por fricción con la faja	Mala instalaiación por parte del mecánico

						Desalineamiento de la faja	Tiempo de uso	Desgaste por fricción con la faja	Falta de supervisón al desgaste del componente
				1.2.2	Falla en estructura	Desmasiada presencia de polución	Deformación en la estructura o deterioro	Corrosión por el medio o área geográfica	Mal diseño
				1.2.3	Falla en polea de cabeza	Desgaste del forro	Ruptura de faja	Fricción con la faja	Mal ensamble por parte del mecánico
						Desgaste en el eje	Atoro en el chute	Tiempo de uso	
				1.2.4	Falla en polea dobladora	Desgaste del forro	Ruptura de faja	Fricción con la faja	Mal ensamble por parte del mecánico
						Desgaste en el eje	Atoro en el chute	Tiempo de uso	
				1.2.5	Falla en polea motriz	Desgaste del forro	Ruptura de faja	Fricción con la faja	Mal ensamble por parte del mecánico
						Desgaste en el eje	Atoro en el chute	Tiempo de uso	
				1.2.6	Falla en chumaceras de las 03 poleas	Ruptura de la tapa de la chumacera	Alta vibración	Tiempo de uso	Mal montaje o falta de ajuste por parte del mecánico
						Desgaste del eje de la polea	Por fricción en el movimiento		

4.5.1.2. Falla en Sistema de Control

En la tabla 27 se muestran los respectivos errores que componen el análisis de fallas que tiene el Sistema de Control, como se aprecia con anterioridad, los elementos que lo componen son sistemas eléctricos, por ende, causa admiración que la gran mayoría de errores tengan un origen de mal manejo operativo y no por falta de energía u otro problema relacionado a la energía eléctrica. Se puede ver la tabla completa en el anexo 4.

Tabla 38

Falla en Sistema de Control

ANALISIS DE MODO EFECTO DE FALLAS DEL SISTEMA DE CONTROL									
FUNCION	**FALLA FUNCIONAL**	**MODO DE FALLO**					**CAUSALIDAD**	**CAUSA RAIZ**	**ERROR HUMANO**
	Nivel 1	**Nivel 2**		**Nivel 3**		**Nivel 4**	**Nivel 5**	**Nivel 6**	**Nivel 7**
El presente sistema, es el encargado de controlar todas las funciones de inicio, durante y al finalizar la operación	**Falla en sistema de control**	2.1	Falla en operador de cuarto de control	2.1.1	Falla en tablero de control	Sobrecarga	Mala calibración de balanza	Mal control de la información	Error de instrumentista
				2.1.2	Falla en botoneras de arranque y parada	No acciona como se le ordena	Los botones se quedan pegados	Problema eléctrico	Mantenimiento mal suministrado
				2.1.3	Falla en amperimetros analógicos	Aumento o disminución debido al amperaje	Reportar mal la señal	Problema eléctrico	Error de supervisión
		2.2	Falla en operador de campo	2.2.1	Falla en botoneras de arranque y parada	No acciona como se le ordena	Los botones se quedan pegados	Problema eléctrico	Mantenimiento mal suministrado
				2.2.2	Falla en el interruptor de velocidad cero o breaker	No acciona como se le ordena	Los botones se quedan pegados	Problema eléctrico	Mantenimiento mal suministrado

				2.2.3	Falla en el contactor o arrancador de mediana tension	No acciona como se le ordena	Los botones se quedan pegados	Problema eléctrico	Mantenimiento mal suministrado
				2.2.4	Falla de cadena de parada de emergencia	No acciona como se le ordena	La cadena se queda trabada	Problema eléctrico	Mantenimiento mal suministrado
									Error de supervisión

4.5.1.3. Falla en Sistema Motriz

Las fallas mostradas en la tabla 28, muestra, errores tanto por la parte de mantenimiento, como en operaciones, al momento de supervisar, los elementos que componen este sistema, ya que en esta parte los sistemas son tanto mecánicos como eléctricos. Se puede ver la tabla completa en el anexo 4.

Tabla 39.

Falla en Sistema Motriz

ANALISIS DE MODO EFECTO DE FALLAS DEL SISTEMA MOTRIZ									
FUNCION	**FALLA FUNCIONAL**	**MODO DE FALLO**					**CAUSALIDAD**	**CAUSA RAIZ**	**ERROR HUMANO**
	Nivel 1	**Nivel 2**		**Nivel 3**		**Nivel 4**	**Nivel 5**	**Nivel 6**	**Nivel 7**
Este sistema contempla los elementos encargados de darle movilidad y fuerza a la faja transportadora	**Falla en sistema motriz**	3.1	Falla en sistema motriz eléctrico	3.1.1	Falla en motor eléctrico	Problema de rodamiento del motor	Fricción entre los rodamientos, por perdida de viscosidad en el lubricante	Tiempo de uso	Falta de mantenimiento programado
							Alta vibración del rotor y dañe los rodamientos	Rotor descentrado	Mala instalación o montaje
						Ventilador	No refrigera adecuadamente	Ruptura de la malla de protección de la parte trasera	Error de supervisión
									Falta de mantenimiento programado
				3.1.2	Falla en acoplamiento de velocidad	Coupling en mal estado	Perdida de viscosidad del aceite	No tener en buen estado los retenes	Falta de mantenimiento programado
						Ruptura de diente en engranaje	Dientes desgastados	Tiempo de uso	Error de supervisión

		3.2	Falla en sistema motriz mecánico	3.2.1	Falla en el reductor	Calentamiento en el reductor	Perdida de viscosidad del aceite	Tiempo de uso	Falta de mantenimiento programado
						Filtro obstruido	No deja salir gases impuros	Tiempo de uso	Falta de mantenimiento programado
				3.2.2	Falla en el acoplamiento de fuerza	Coupling en mal estado	Perdida de viscosidad del aceite	No tener en buen estado los retenes	Falta de mantenimiento programado
						Ruptura de diente en engranaje	Dientes desgastados	Tiempo de uso	Error de supervisión

4.5.1.4. Falla en Estructura Mecánica

En esta parte, la tabla 29, muestra errores en su totalidad mecánicos, ya que los elementos analizados en este sistema, son los que componen y estructuran la faja de transmisión. Se puede ver la tabla completa en el anexo 4.

Tabla 40

Falla en Estructura Mecánica

ANALISIS DE MODO EFECTO DE FALLAS DEL SISTEMA DE ESTRUCTURA MECÁNICA									
FUNCION	**FALLA FUNCIONAL**	**MODO DE FALLO**					**CAUSALIDAD**	**CAUSA RAIZ**	**ERROR HUMANO**
	Nivel 1	**Nivel 2**		**Nivel 3**		**Nivel 4**	**Nivel 5**	**Nivel 6**	**Nivel 7**
Este sistema contempla toda la estructura que compone a la faja transportadora , en ella están los componentes y el soporte en que se apoyan.	**Falla en estructura mecánica**	4.1	Falla en estructura metálica de soporte	4.1.1	Falla en conveyor	Movimiento sismico de gran magnitud	Deformación de los perfiles estructurales	Esfuerzos de deformación plástica	Error de diseño
						Accidente con condición de impacto	Deformación de los perfiles estructurales	Deformación plástica por impacto	Error de operación
						Corrosión	Ruptura en la pelicula de protección	Ambiente corrosivo	Error de supervisión
		4.2	Falla en sistema de transmisón	4.2.1	Falla en faja o banda	Corte en faja	Ruptura de la faja	Caída de mineral más grande de lo permitido	Error de supervisión
							Desprendimiento de plancha o blindaje	Mala unión de soldadura	Error de montaje
						Ruptura de faja	Desgaste de la faja	Tensión de la faja	Error de diseño

						Desprendimiento de polin		Tiempo de uso	Falta de mantenimiento preventivo
						Faja desviada	Desalineamiento de la faja	Error operativo	Error de supervisión
				4.2.2	Falla en polines de carga	Polines desgastados	Fricción por alta temperatura	Tiempo de uso	Falta de mantenimiento preventivo
							Mala calidad de polin	Error de montaje	Error de diseño
				4.2.3	Falla en bastidores de carga	Polines desgastados	Fricción por alta temperatura	Tiempo de uso	Falta de mantenimiento preventivo
							Mala calidad de polin	Error de montaje	Error de diseño
				4.2.4	Falla en polines de retorno	Polines desgastados	Fricción por alta temperatura	Tiempo de uso	Falta de mantenimiento preventivo
							Mala calidad de polin	Error de montaje	Error de diseño
				4.2.5	Falla en bastidores de retorno	Polines desgastados	Fricción por alta temperatura	Tiempo de uso	Falta de mantenimiento preventivo
							Mala calidad de polin	Error de montaje	Error de diseño
				4.2.6	Falla en polea	Fisura de los rodamientos	Fricciónde los rodamientos	Error de montaje	Error de diseño

					motriz o polea de cabeza	Ruptura de acoplamiento	Peine mal colocado	Error de montaje	Error de mecánico
						Desprendimiento del jebe de la polea	Desgaste prematuro	Tiempo de uso	Falta de mantenimiento preventivo
				4.2.7	Falla en polea de cola	Ruptura de eje	Fatiga mecánica	Sobrecarga	Error de diseño
						Fisura de los rodamientos	Fricción de los rodamietos	Error de montaje	Error de mecánico
						Ruptura de acoplamiento	Peine mal colocado	Desalineamiento	Error de mecánico
						Desprendimiento del jebe de la polea	Desgaste prematuro	Tiempo de uso	Falta de mantenimiento preventivo
				4.2.8	Falla en polea tensora motriz	Ruptura de eje	Fatiga mecánica	Sobrecarga	Error de diseño
						Fisura de los rodamientos	Fricción de los rodamietos	Error de montaje	Error de mecánico
						Ruptura de acoplamiento	Peine mal colocado	Desalineamiento	Error de mecánico
						Desprendimiento del jebe de la polea	Desgaste prematuro	Tiempo de uso	Falta de mantenimiento preventivo
				4.2.9	Falla en polea tensora cola	Ruptura de eje	Fatiga mecánica	Sobrecarga	Error de diseño
						Fisura de los rodamientos	Fricción de los rodamietos	Error de montaje	Error de mecánico

						Ruptura de acoplamiento	Peine mal colocado	Desalineamiento	Error de mecánico
						Desprendimiento del jebe de la polea	Desgaste prematuro	Tiempo de uso	Falta de mantenimiento preventivo
				4.2.10	Falla en polea dobladora 1 y 2	Ruptura de eje	Fatiga mecánica	Sobrecarga	Error de diseño
						Fisura de los rodamientos	Fricción de los rodamietos	Error de montaje	Error de mecánico
						Ruptura de acoplamiento	Peine mal colocado	Desalineamiento	Error de mecánico
						Desprendimiento del jebe de la polea	Desgaste prematuro	Tiempo de uso	Falta de mantenimiento preventivo
				4.2.11	Falla en chumaceras de polea	Ruptura de la tapa de la chumacera	Alta vibración	Tiempo de uso	Mal montaje o falta de ajuste por parte del mecánico
						Desgaste del eje de la polea	Por fricción en el movimiento		
				4.2.12	Falla en ruedas guia del tripper car	Desgaste de rodamiento	Descarrilamiento del equipo	Fricción por tiempo de uso	Error de mecánico
						Desgaste de la rueda			
				4.2.13	Falla en chumaceras de las ruedas	Ruptura de la tapa de la chumacera	Alta vibración	Tiempo de uso	Mal montaje o falta de ajuste por parte del mecánico
						Desgaste del eje de la polea	Por fricción en el movimiento		

4.5.1.5. Falla en Sistema de Alineamiento

En la tabla 30, se nos muestra los errores que se presentan comúnmente en los sistemas de contención y limpieza, en su mayoría son por montaje o fricción, ya que estos componentes suelen ser rosillos o contrapesos, que siempre están en constante movimiento por su función desarrollada en la máquina. Se puede ver la tabla completa en el anexo 4

Tabla 41

Falla en Sistema de Alineamiento

ANALISIS DE MODO EFECTO DE FALLAS DEL SISTEMA DE ALINEAMIENTO									
FUNCION	**FALLA FUNCIONAL**	**MODO DE FALLO**					**CAUSALIDAD**	**CAUSA RAIZ**	**ERROR HUMANO**
	Nivel 1	**Nivel 2**		**Nivel 3**		**Nivel 4**	**Nivel 5**	**Nivel 6**	**Nivel 7**
Este sistema comprende la función de orden, contención y limpieza para que la faja transportadora este siempre alineada a cumplir su función.	**Falla en sistema de alineamiento**	5.1	Falla en sistema de contención	5.1.1	Falla en polin guiador o alineador	Desgaste de rodillos	Desgaste prematuro	Tiempo de uso	Falta de mantenimiento preventivo
						Desprendimiento	Mal ensamble	Error de montaje	Error mecánico
				5.1.2	Falla en polea de contrapeso	Desalineamiento de guia	Error de ensamble	Error de montaje	Error mecánico
						Ruptura de tensión	Fatiga mecánica	Sobrecarga	Error de analista
				5.1.3	Falla en T-Cat	Esparragos en mal estado	Mal ensamble	Error de montaje	Error mecánico
							Mala calidad de esparragos	Mala compra	Error de diseño

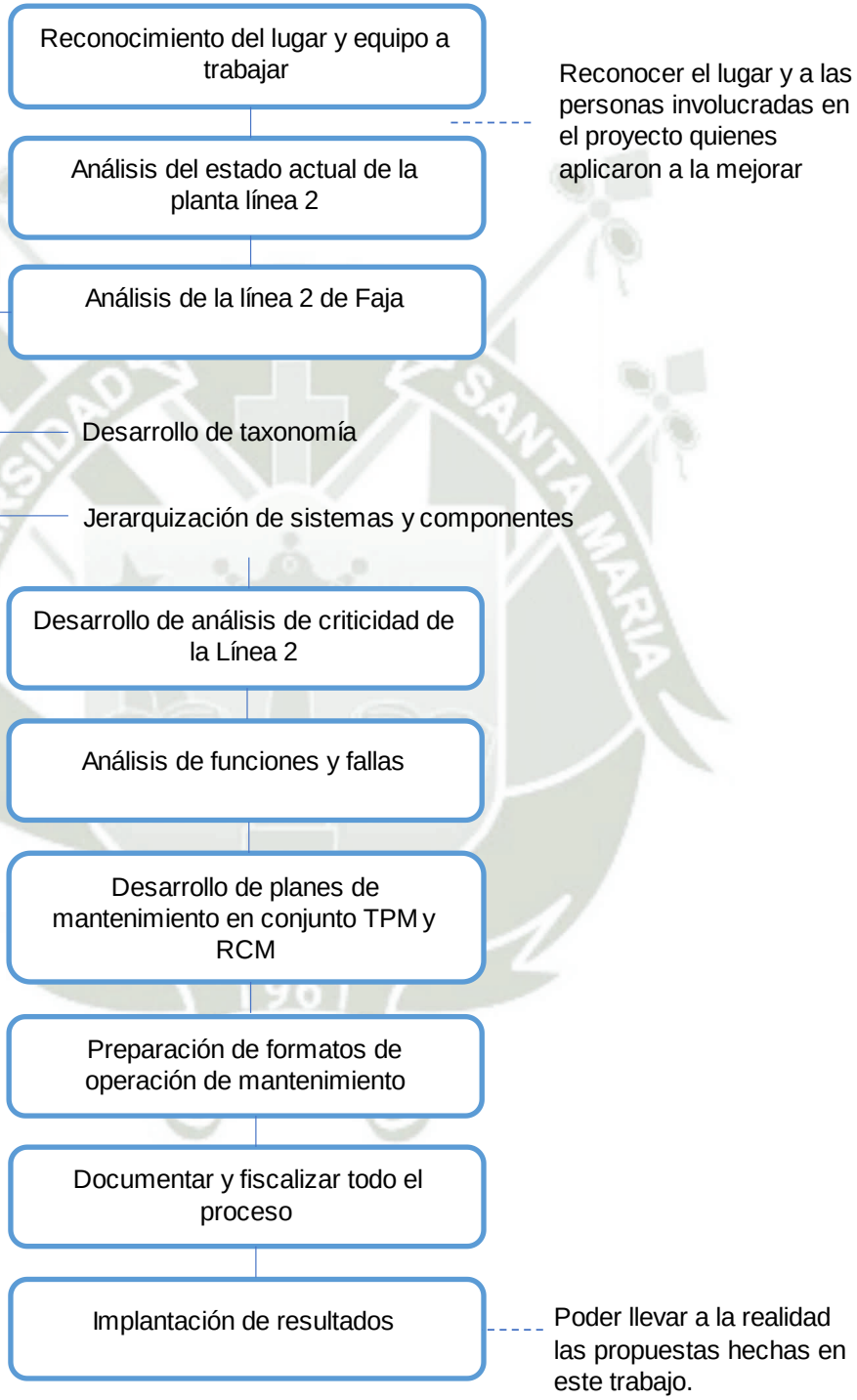
						Deterioro de rodamientos	Desgaste prematuro	Tiempo de uso	Falta de mantenimiento preventivo
				5.1.4	Falla en rele de protección de motores	Sobrecarga	Mala elección del relay	Mala compra	Error eléctrico
						Recalentamiento del relay	Parada intempestiva	Cortocircuito	Error de operador
				5.1.5	Falla en detector de metales	Mala regulación de elementos	Mala calibración	Error de diseño	Error de instrumentista
				5.1.6	Falla en balanza	Mala regulación de elementos	Mala calibración	Error de diseño	Error de instrumentista
				5.1.7	Falla en aspersores o regadores	Deformación del elemento	Oxidación o deterioro de la estructura	Ambiente corrosivo	Error de supervisión
									Falta de mantenimiento preventivo
				5.1.8	Falla en polin de impacto o contención	Desgaste del polin	Ruptura de faja o atracamiento del polin	Falta de lubricación	Mal planeamiento de mantenimieno
								Tiempo de uso	Falta de mantt. Preventivo
		5.2	Falla en sistema de limpieza	5.2.1	Falla en el limpiador primario y secundario	Derrame	Caida de polusión	Mala regulación	Error de instrumentista
				5.2.2	Falla en el rascador	Desgaste de hoja	Exceso de fricción	Uso excesivo	Error mecánico

				5.2.3	Falla en contrapeso de limpia faja	Deformación del elemento	Oxidación o deterioro de la estructura	Ambiente corrosivo	Error de supervisión
									Falta de mantenimiento preventivo

4.5.2. Diagrama de secuencia de actividades a desarrollar

Figura 28

Diagrama de Secuencia de Actividades a Desarrollar



4.6. Estructura de codificación de equipos de la faja de la línea 02 para RCM

A manera de poder tener toda la información posible, separaremos en dos la información de codificación, en esta primera parte nos enfocaremos en detallar la nomenclatura relacionada al equipo, sistemas, componentes, ubicación.

Tabla 42

Estructura de Codificación de Equipos de la Faja de la Línea 02 para RCM

CÓDIGO	UBICACIÓN
SN	San Nicolás
PCHBZA	Planta Chancadora Beneficio Zona Antigua
CÓDIGO	**EQUIPO**
FL02	Faja Transportadora Línea 02
CÓDIGO	**SISTEMA**
SCD	Sistema de Carga y Descarga
SC	Sistema de Control
SM	Sistema Motriz

EM	Estructura Mecánica
SDA	Sistema de Alineamiento

CÓDIGO	COMPONENTE
TLV	Tolva
TPC	Tripper Car
OCC	Operador de Cuarto de Control
ODC	Operador de Campo
SME	Sistema Motriz Eléctrico
SMM	Sistema Motriz Mecánico
EMS	Estructura Metálica de Soporte
SDT	Sistema de Transmisión
SDC	Contención
SDL	Limpieza

4.7. Estructura de codificación para operaciones de mantenimiento

Esta es la segunda parte, donde encontraremos la nomenclatura relacionada a las operaciones que se llevaran a cabo en mantenimiento del equipo, como son el tipo de mantenimiento, la actividad y la frecuencia con la que se llevará a cabo.

Tabla 43.

Cuadro de Codificación para Operaciones de Mantenimiento

Shougang Hierro Perú. S.A.A
Planeamiento y Programación de Mantenimiento

CODIFICACION PARA OPERACIONES DE MANTENIMIENTO

NOMBRE:	ING. JORGE ETCHEBARNE DURAND
AÑO:	2024

TIPO DE MANTENIMIENTO	CODIGO	TIPO DE ACTIVIDAD	CODIGO	FRECUENCIA	CODIGO
MANTENIMIENTO PREDICTIVO	MD	INSPECCIÓN	I	DIARIO	D
		CAMBIO	C	QUINCENAL	Q
MANTENIMIENTO PREVENTIVO	MP	AJUSTE	J	SEMANAL	S
		REGULACIÓN	R	MENSUAL	M
		ENGRASE	L	TRIMESTRAL	T
MANTENIMIENTO CORRECTIVO	MC	PRUEBAS ELECTRICAS	PBE	SEMESTRAL	ST
		TRABAJOS EN FRIO	TFF	ANUAL	A
		TRABAJOS EN CALIENTE	TFC		

CODIFICACION DE EQUIPOS

SISTEMA	CODIGO	COMPONENTE	CODIGO	UBICACIÓN
SISTEMA DE CARGA Y DESCARGA	SCD	Tolva	TLV	SN/PCHBZA

SISTEMA DE CONTROL	SC			
SISTEMA MOTRIZ	SM			
ESTRUCTURA MECÁNICA	EM			
SISTEMA DE ALINEAMIENTO	SDA			

Ejemplo:	MD - I - D - SCD - TLV - SN/PCHBZA
	Mantenimiento Predictivo - Inspección - Diario - Sistema de Carga y Descarga - Tolva - Ubicación

4.8. Presupuesto de mantenimiento

En primer lugar, para determinar el presupuesto de mantenimiento general de una instalación, tenemos que considerar:

Una cifra estimativa

Para saber si estamos yendo muy arriba o muy abajo y saber donde apuntamos, podemos hacer una forma de cálculo de una cifra estimativa, cuánto dinero nos va a costar el mantenimiento de una instalación de una forma gruesa

$$CM = CR\ X\ 0.03$$

Donde:

- CM: Coste de Mantenimiento
- CR: Coste de Reposición de Equipos

El coste total multiplicado por 0,03 debería darnos una cifra aproximada de cuánto cuesta el mantenimiento de esa instalación, es decir; el mantenimiento anual de una instalación equivale al 3% del coste de reposición de los equipos más su instalación.

El presupuesto de mantenimiento tiene cuatro elementos principales:

1. Personal: Cuánto gastamos en personal.
2. Materiales: Gastos en repuestos y consumibles.
3. Otros Costes: Gastos que no se dan ni en personal ni en materiales
4. Contratos Externos: Suele distorsionar todos los demás elementos, los contratos externos que realizamos con empresas externas, empresas no habituales.

Entonces tenemos 4 elementos en los que se divide ese 3% como media del presupuesto de mantenimiento de una instalación.

Entre el coste de personal y de material se reparten aproximadamente el 75% del coste de mantenimiento. El 25% restante son otros costes, son costes relacionados con vehículos, con software, con medios técnicos que necesitamos, como herramientas, reposición y reparación de herramientas, etc.

4.9. Propuesta anual de mantenimiento por sistemas

En la figura 24, describe el plan que se propone de actividades a realizarse anualmente, este está separado por sistema, componentes y partes, con el fin de optimizar la eficiencia en las operaciones de mantenimiento. En el Anexo 4, se muestra de manera completa la siguiente propuesta.

Figura 29.

Propuesta Anual de Mantenimiento por Sistemas

Shougang Hierro Perú. S.A.A Planeamiento y Programación de Mantenimiento	CRONOGRAMA ANUAL DE MANTENIMIENTO																					
	NOMBRE:	ING. JORGE ETCHEBARNE DURAND																				
	AÑO:	2024																				
SISTEMA	COMPONENTE	PARTE	N°	ACTIVIDAD	TIPO DE MANTENIMIENTO	CÓDIGO DE TAREA	DURACIÓN DE TAREAS	# DE PERSONAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
SISTEMA DE CARGA Y DESCARGA	TOLVA	PLANCHA DE BLINDAJE	1	INSPECCIONAR PLANCHAS INSTALADAS	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	I01-MD-SCD-TLV02	0.5 hrs	2	M				M				M					
			2	CAMBIO DE PLANCHAS DESGASTADAS	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	C01-MP-SCD-TLV03	6.0 hrs	3	T								T					
			3	INSPECCION/AJUSTE DE ZOCALOS	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	I02-MP-SCD-TLV02	1.0 hrs	2	Q		Q		Q		Q		Q					
			4	INSPECCIONAR PLATOS DEL FEDER	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	I03-MP-SCD-TLV02	1.0 hrs	2														
			5	CAMBIO DE PLATOS DE LOS FEDERS DESGASTADOS	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	C01-MC-SCD-TLV03	2.0 hrs	3														
		MESA DE RETENCIÓN	6	INSPECCIONAR PLANCHAS INSTALADAS	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	I04-MP-SCD-TLV02	0.5 hrs	2	M				M				M					
			7	CAMBIO DE PLANCHAS DESGASTADAS	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	C02-MC-SCD-TLV03	6.0 hrs	3	T								T					
		PLANCHA TIPO "U"	8	INSPECCIONAR PLANCHAS INSTALADAS	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	I05-MP-SCD-TLV02	0.5 hrs	2	M				M				M					
			9	CAMBIO DE PLANCHAS DESGASTADAS	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	C03-MC-SCD-TLV03	6.0 hrs	3	T								T					
		CHUTE DE CARGA	10	INSPECCIONAR PLANCHAS INSTALADAS	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	I06-MP-SCD-TLV02	0.5 hrs	2	M				M				M					
			11	CAMBIO DE PLANCHAS DESGASTADAS	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	C04-MC-SCD-TLV03	6.0 hrs	3	T								T					
			12	INSPECCIONAR EL NIVEL O PASO DEL CHUTE	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	I07-MP-SCD-TLV02	0.1 hrs	2														
		FALDONES	13	INSPECCIÓN O REGULACIÓN SEGÚN DESGASTE	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	I08-MP-SCD-TLV02	0.4 hrs	2	T								T					
			14	CAMBIO DE FALDONES DESGASTADOS	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	CS01-MC-SCD-TLV03	1.5 hrs	3	M				M				M					
		PERNOS HUCK	15	INSPECCIONAR NIVEL DE DESGASTE Y SOLDADURA	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	I09-MP-SCD-TLV02	0.5 hrs	2														
		LINERS	16	INSPECCIONAR PLANCHAS INSTALADAS	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	I10-MP-SCD-TLV02	0.5 hrs	2	M				M				M					
			17	CAMBIO DE PLANCHAS DESGASTADAS	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	C05-MC-SCD-TLV03	6.0 hrs	3	T								T					
		PORTA MANDIL	18	INSPECCIÓN O REGULACIÓN SEGÚN DESGASTE	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	I11-MP-SCD-TLV02	0.4 hrs	2														
			19	CAMBIO DE PORTA MANDIL DESGASTADO	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	C01-MC-SCD-TLV04	1.0 hrs	4	M				M				M					

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Encabezado: Muestra los datos generales del documento, nombre, fecha, entre otros.

1. Sistema: Se encuentran los diversos sistemas en que se encuentra seccionado el equipo.
2. Componente: Se encuentran los diversos componentes en que se encuentran seccionado los sistemas.
3. Parte: Se encuentra las diversas partes en que se encuentra dividido los componentes.
4. Actividad: Se encuentran las descripciones en qué consisten las activades que se llevarán a cabo.
5. Tipo de mantenimiento: Se encuentran los tipos de mantenimiento que se llevaran a cabo según su necesidad.
6. Código de tarea: Se encuentran la nomenclatura de los códigos que nos indica información de la actividad de mantenimiento.
7. Duración y número de personas: Muestra el tiempo que llevara el realizar la actividad en conjunto con el número de personas a emplear por actividad.
8. Número de semanas: Indica la frecuencia con la que se realizarán las actividades.

4.10. Monitoreo de operaciones de mantenimiento

Para poder tener un mejor seguimiento de las actividades de mantenimiento que realizaremos en nuestro programa anual, crearemos una ficha de orden de trabajo, en ella no solo se mostrará si la actividad es llevada a cabo por la empresa o por empresas contratadas para diversos servicios, también contaremos con la especificación de horas y fechas en las que se llevan a cabo las actividades, para de esta manera a futuro poder tener indicadores de eficiencia y disponibilidad

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 30

Ficha de Orden de Trabajo de Mantenimiento

Shougang Hierro Perú. S.A.A
Planeamiento y Programación de Mantenimiento

ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO

N°OT	XXXXXXXXX
AVISO	X/XX/XXXX - XX:XX

EQUIPO	HOROMETRO DEL EQUIPO	HORA DE PARADA DE EQUIPO	HORA DE ARRANQUE DE EQUIPO
FL02	XXXXXXXX	XXXXXXX	XXXXXX

SISTEMA	COMPONENTE	HORA INICIAL DE ACTIVIDAD	HORA DE ENTREGA DEL EQUIPO
SCD	TLV	XX:XX	XX:XX

TIPO DE MANTENIMIENTO	TIPO DE ACTIVIDAD
MC	C

N° RESERVA (REF. AL VALE DE ALMACEN): XXXXXXXXX

CIERRE DE LA OT

TRABAJO COMPLETADO		NO

EJECUTOR: XXXXXXXXXXXXXXX

NOMBRE DE TRABAJADOR	CÓDIGO
XXXXXXXX	XXXXXXX

PROCEDIMIENTO	Tiemp. Aprox. de Operación
Inspección de blindajes	0.5 hr
Retiro de blindaje	03 hr
Colocado de nuevo blindaje	04 hr

SUPERVISOR/COD.	CIERRE DE TRABAJO	
XXXXXXXXX	(FECHA)	(HORA)

DESARROLLO TEXTUAL DEL CIERRE

TRABAJO PENDIENTE:

NOTA:

1. Encabezado: Aquí podremos encontrar el título del documento y también el número de orden de trabajo correspondiente a la actividad a realizar.
2. Aviso: Esto indica la hora a la que fue lanzada la orden de trabajo a conocimiento del área de mantenimiento.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3. Equipo: Aquí se indica los códigos a los que pertenece el equipo. Por ejemplo, es la faja de la línea 2 por ende el código es el FL02.
4. Horómetro del equipo: Aquí se indica las horas que lleva trabajando el equipo.
5. Hora de parada del equipo: Aquí se indica la hora a la que se detuvo el funcionamiento del equipo.
6. Hora de arranque de equipo: Aquí se indica la hora a la que el equipo se enciende para que vuelva a estar en funcionamiento.
7. Sistema: Aquí se indica el código del sistema perteneciente al equipo que se trabajará en esta actividad. Por ejemplo, se trabaja con el sistema de carga y descarga, por ende, el código es SCD.
8. Componente: Aquí se indica el código del componente, del sistema perteneciente al equipo que se trabajará en esta actividad. Por ejemplo, se trabaja en la tolva, por ende, el código es TLV.
9. Hora inicial de actividad: Aquí se especifica la hora a la que comenzó la actividad en de mantenimiento. Es decir, si esta OT es por un cambio de blindajes en la tolva de carga y descarga de la faja de la línea 2, esta sería la hora a la que comenzó el cambio de los blindajes.
10. Hora de entrega del equipo: Aquí se especificará la hora a la que el equipo de mantenimiento mecánico entrega el equipo.
11. Tipo de mantenimiento: Aquí encontramos el código del tipo de mantenimiento que llevaremos a cabo, por ejemplo, este mantenimiento corresponde a un mantenimiento correctivo, por ende, colocaremos el código MC.
12. Tipo de actividad: Aquí encontramos el código al que corresponde el tipo de actividad que se realizará, por ejemplo, esta actividad corresponde a un cambio, por ende, el código a colocar es C.
13. Número de Reserva: Aquí encontraremos los números correspondientes a él o los vales de materiales que se retirarán de almacén para usar en esta actividad.
14. Trabajo completado: Aquí encontramos la confirmación o negación de si se completó el trabajo, a través de un
15. Ejecutor: Aquí encontraremos a la empresa responsable de realizar el trabajo.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

16. Nombre y código del trabajador: Aquí podremos encontrar los nombres y el código con el que se identifican los trabajadores que participaron del trabajo de mantenimiento.
17. Procedimiento: Aquí podremos encontrar la secuencia con la cual se llevará a cabo la actividad, así mismo un aproximado de lo que dura cada una de las actividades, para así tener un indicador más que nos ayudará a medir nuestro tiempo de respuesta.
18. Nombre y código del supervisor: Aquí podremos encontrar el nombre y el código con el que se identifica el supervisor a cargo del trabajo de mantenimiento.
19. Cierre de trabajo: Aquí se muestra la fecha y hora en la que el supervisor a cargo, cerro la OT.
20. Desarrollo textual del cierre: Aquí se detallará de forma escrita todos los alcances y sucesos de la actividad que se realizó.
21. Trabajo pendiente: Aquí se detallará de forma escrita, si al culminar la actividad se dejó algún pendiente.
22. Nota: Aquí podremos encontrar alguna acotación o aviso que se desee dejar como constancia escrita sobre la actividad.

4.11. Monitoreo de supervisión bajo personal de operaciones

Para poder tener aún más datos y monitoreo de que se lleve a cabo todos los procedimientos propuestos, crearemos una secuencia de actividades diarias, muy sencillas de realizar, para de esta manera apoyar al plan de TPM, tratando de lograr así una nueva cultura de trabajo que radica en crear un sentido de pertenencia por parte del equipo de operaciones, hacia su máquina, ya que ellos serán los que lleven a cabo este monitoreo, a través del siguiente formato de check-list.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 31

Check list de Inspección Diaria

Shougang Hierro Perú. S.A.A
Planeamiento y Programación de Mantenimiento

CHECK LIST - INSPECCIÓN DIARIA DE FAJA TRANSPORTADORA LÍNEA 2

COD. EQUIPO:		TURNO:	
OPERADOR:		COD. OPERADOR:	
HR. DE INICIO:		HR. DE FIN:	
FECHA:			

Bueno	✓
Malo	X

1

	SISTEMA DE CARGA Y DESCARGA	Bueno	Malo	Comentarios
1	Inspección de pernos en planchas de blindaje en tolvas			
2	Inspección de faldones			
3	Inspección de porta mandiles			
4	Inspección de polines del tripper car			
5	Inspección de estructura del tripper car			
6	Inspección de polea de cabeza del tripper car			
7	Inspección de polea dobladora del tripper car			
8	Inspección de polea motriz del tripper car			
9	Inspección de chumaceras de las poleas del tripper car			
10	Inspeccionar ruedas y chumaceras de las ruedas del tripper car			
	SISTEMA DE CONTROL	**Bueno**	**Malo**	**Comentarios**
11	Inspección de cadena de parada de emergencia			
	SISTEMA MOTRIZ	**Bueno**	**Malo**	**Comentarios**
12	Inspeccionar ruido o anomalía en motor mecánico			
13	Inspeccionar ruido o anomalía en reductor			
	ESTRUCTURA MECÁNICA	**Bueno**	**Malo**	**Comentarios**
14	Inspeccionar desgaste o estructura de la faja			
15	Inspeccionar polines de carga y su bastidor			
16	Inspeccionar polines de retorno y su bastidor			
17	Inspeccionar polea motriz de la faja y chumaceras			
18	Inspeccionar polea de cola de la faja y chumaceras			
19	Inspeccionar polea tensora de la faja y chumaceras			
20	Inspeccionar polea dobladora 1 de la faja y chumaceras			
21	Inspeccionar polea dobladora 2 de la faja y chumaceras			
	SISTEMA DE ALINEAMIENTO	**Bueno**	**Malo**	**Comentarios**
22	Inspeccionar polin guiador de la faja			
23	Inspeccionar desgaste de aspersores			
24	Inspeccionar polin de impacto			
25	Inspeccionar estructura de contrapeso de limpia faja			

2 3 4

FIRMA OPERADOR

5

FIRMA SUPERVISOR

NOMBRE:
CODIGO:

1. Aquí están los datos generales del check-list, como son el código del equipo, el turno en el que se realizó la inspección, el nombre y ficha del trabajador, tanto como la fecha y hora de inicio y fin de la inspección.
2. Aquí podemos encontrar las diversas inspecciones que se realizaran, según los sistemas a los que pertenecen.
3. En este apartado marcaremos con un ✓ si se encuentra en buen o mal estado al realizar la inspección.
4. De tener algún comentario relevante y necesario más allá de la marcación anteriormente mencionada, se podrá escribir en esta casilla.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

5. Aquí encontraremos el nombre, firma y código de los responsables de esta actividad, como son el operador y el supervisor a cargo.

4.12. Control de datos de operaciones de mantenimiento

Necesitamos crear una base de datos para poder registrar y llevar el control de los tiempos de operaciones en las distintas actividades de mantenimiento, con ello podremos registrar tiempos muertos y esto permitirá crear mejoras, a través de acortar o eliminar estos tiempos, y pasar de mantenimientos correctivos a planificados.

De esta manera nos apoyaremos de un Excel que en un futuro podría implementarse en programas de automatización como puede ser el SAP.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

Tabla 44.

Cuadro de Control de Datos de Operaciones de Mantenimiento

Shougang Hierro Perú. S.A.A Planeamiento y Programación de Mantenimiento	**HISTORICOS DE CONTROL - ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO**
GERENCIA:	
SUPERINTENDENCIA GRAL.:	

EQUIPO	COMPONENTE	CODIGO	UBICACIÓN	TIPO DE MANTENIMIENTO	FECHA EJECUTADA	HR. DE PARADA DE MAQUINA	HR. INICO DE MANTTO	HR. FIN DE MANTTO	HR. DE ARRANQUE DE MAQUINA	FECHA FIN	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD	ORDEN DE TRABAJO	EJECUTOR	SUPERVISOR

4.13. Referencia de horas de parada de la línea 02

La empresa ha ejecutado estas horas de parada en las distintas áreas durante el periodo del año 2022.

Este cuadro es referencial para una vez que se pueda aplicar esta propuesta de mantenimiento mecánico, podamos tener un referente y poder comparar contra estas horas de parada. Puede visualizar el esquema anual completo en el anexo 5.

Tabla 45

Cuadro de horas de Parada de la Faja de la Línea 02 en el 2022

		01/01/2022	02/01/2022	03/01/2022	04/01/2022	05/01/2022	06/01/2022	07/01/2022	08/01/2022	09/01/2022	10/01/2022
Personal	Huelga	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	8,00
	Falta de personal										16,00
	Cambio de guardia										
	Falta de personal										
	Charla de seguridad y revisión de equipos										
	Personal pasando prueba de descarte										
	Queda operativa										
		24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00
Operaciones	Detector de metal										
	Supervision										
	Cambio de linea										
	Circuito nuevo										
	Con 3 chancadoras										
	Silos llenos										
	Cambio de mineral primario										

	Cambio de mezcla de mineral										
	Limpieza de chutes										
	Sobrecarga										
	Limpieza										
	Pasar tripper										
	Descargar remanente										
	Descargar zaranadas										
	Revisión de mallas										
	Maniobra de contratistas										
	Mover compuertas										
	Problema con instrumentación										
		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mantenimiento	Circuito nuevo no carga										
	Se levantan mandiles										
	Se cambio brazo guiadores de polin										
	Lubricación tractor										
	Mantenimiento cambio de blindaje										
	Mantenimiento en chute										
	Revision de mallas internas										
	Retirar enfriador										
	Operativa										
	Cambio de cantonera										
	Cambio o reparación de faja										
	Mecanicos en chute de fino										
	Chute atorado										
	Bajar mandil										
	Cambio de mandil deflector										
	Cambio de polin retorno										
	Parada intempestiva										

	Problema electrico										
	Falta de tractor										
	Reparaciones electricas										
	Resorte delantero izquierdo roto										
		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

TBF(dia)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TTR(dia)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
N eventos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Disponibilidad diaria	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
NC = no calculable										

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CAPÍTULO V

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5. IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) Y MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)

5.1. Plan Detallado de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) Respaldado por Mantenimiento Productivo Total (TPM) para la Faja de la Línea 02

A continuación, se muestra el plan de TPM propuesto para respaldar al RCM. Este plan de TPM se desarrolló, en parte basándose en la norma ISO 55000, ya que esta norma propone involucrar a los que planifican, diseñan o implementan actividades de gestión de activos con los que proveen el servicio. Siendo esto un punto objetivo para el paso a paso de este plan, que busca crear una cultura de trabajo, donde los operadores desarrollen un sentido de pertenencia con sus equipos y a la vez el involucramiento de distintas áreas con distintas tareas. También se optó por respaldar el plan de TPM a través del ciclo Deming, ya que estos cuentan con mucha afinidad, por decir menos, el eje de mejora en TPM, usándolo como una hoja de ruta para llevar a cabo procesos de mejora, planificando, realizando y modificando en caso sea conveniente, creando así un ciclo de prueba y error, generando una mejora constante (Kaizen). (Giuria, et al, 2022)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 32

Ciclo de Deming

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.1.1. Contexto y Compromiso Apoyados por el TPM

5.1.1.1. PASO 1: Identificación de Activos Críticos

Para poder empezar este o cualquier otro plan de mantenimiento, es necesario identificar las fallas o mejor referido, en que equipos suele haber un rango de frecuencia mayor en incidencias, esto para poder dar un contexto operacional y un "¿Por qué?" global de crear un plan o entender a ¿Qué problema se busca dar solución? Para ello, es necesario precisar que equipos se tienen en campo, cuales intervienen en la línea de producción a evaluar, cuál es su función en la línea, saber quiénes son sus responsables, y así poder emitir un mejor juicio y empezar a documentar el inicio del nuevo proyecto para poder informar a todas las áreas la intención que se tendrá con este nuevo proyecto.

5.1.1.2. PASO 2: Compromiso de la Alta Dirección

En el paso anterior se mencionó la formación de un documento, que, de inicio al plan de mantenimiento, en este paso, se buscará la firma de aprobación de los puestos directivos y gerenciales, pero esto no será una mera formalidad o un documento de aprobación para costos y firmas referenciales. Este primer paso, buscará el involucramiento, no solo teórico si no práctico de todas las áreas, siendo la primera área en involucrarse, valga la redundancia, las primeras áreas jerárquicas, (gerencia china) a través de este documento, donde se comprometerán a tener una participación activa, que se respalde por acciones visibles, como juntas diarias, semanales o mensuales con las distintas áreas operativas en la gestión, como se detallará más adelante.

- Tiempo proyectado para la actividad y medio de fiscalización

  Este proceso se llevará a cabo en un tiempo no menor a una semana, ya que en esa semana se buscará exponer el proyecto a la gerencia China, dando un plazo de 2 años para empezar a ver resultados notorios, durante esa semana también se redactará el documento de compromiso mencionado anteriormente y se buscará las firmas de todas las gerencias y superintendencias. Puede visualizarse el memorándum de compromiso en el anexo 7.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.1.2. Política y Objetivos de Gestión de Activos Apoyados por el TPM

5.1.2.1. PASO 3: Desarrollo de una Política Integral

Se empezará teniendo una primera reunión con los gerentes, superintendentes, los operadores de los equipos, el personal del área de mantenimiento y todos los involucrados en este nuevo sistema de trabajo, para dejar en claro que se formará una nueva política, donde se fomentará la participación de los operadores en las actividades de mantenimiento y estas serán respaldadas por los altos cargos y no se tolerará brechas entre las distintas áreas, además se informará que a partir de este momento, los operadores comenzaran a recibir charlas de capacitación por parte del equipo de mantenimiento, para que de esta manera se comience con inspecciones diarias básicas por parte de los operadores y de encontrarse con alguna anomalía la reportaran a el equipo de mantenimiento. De esta manera se buscará afianzar la confianza y seguridad en el personal de operaciones hacia sus nuevas actividades

5.1.2.1.1. Establecimiento de Objetivos

Se establecerá como objetivos específicos 03 puntos:

1. Reducir Paradas Intempestivas.
2. Realizar todas las actividades definidas en las Paradas de Planta.
3. Tener todos los repuestos en almacén o en su defecto con fecha de reposición, esto a fin de no dejar actividades inconclusas por falta de materiales.

- Tiempo proyectado para la actividad y medio de fiscalización:

  Esta reunión para comunicar este nuevo método de trabajo solo durará un día y tendrá como evidencia de lo acordado, un acta de participación, donde se señalarán los puntos a tocar, los nombres y apellidos de los participantes, con sus respectivas firmas. Puede visualizarse el acta en el anexo 8.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.1.3. Identificación y Evaluación de Activos Realizados por RCM

5.1.3.1. Paso 4: Evaluación de Importancia

Para poder realizar una inspección de los activos, de manera eficiente, se considera necesario tener clasificado, a estos mediante su composición, de esta manera se puede saber objetivamente cuál de las piezas son las que tienden a tener un frecuente fallo, por exposición al trabajo diario, como puede ser un ejemplo, los polines guiadores de faja que están constantemente en fricción y tienen una visibilidad expuesta.

Para este paso, podemos apoyarnos de una taxonomía de equipo que lo realizamos con el RCM, para esta disgregación de equipo contaremos con la presencia del equipo de mantenimiento como el de operaciones, para que se organicen en cuáles serán los principales componentes y así saber cuáles serán los que se revisaran de manera rutinaria diaria. Puede verse la taxonomía completa en el anexo 3.

5.1.3.2. PASO 5: Análisis de Modos de Falla

Cuando tenemos todos los componentes separados en sus debidos sistemas. Necesitaremos saber cuáles son sus fallas de estos, cómo son estas fallas y que originan estas fallas, por ello, el RCM nos permitirá realizar un análisis detallado de los modos de falla, mediante un “Análisis de Funciones y Fallas”. Todo esto también a miras de poder cuidar la seguridad del operador durante el mantenimiento. El análisis de funciones y fallas está completo en el anexo 4.

- Tiempo proyectado para la actividad y medio de fiscalización:

  Para este paso nos proyectaremos en un estimado de 02 meses, ya que los métodos y formatos que emplearemos, como mencionamos con anterioridad será la taxonomía y un cuadro de análisis de modos de falla, puede llevarnos un poco de tiempo por la disgregación e identificación de componentes.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.1.4. Planificación y Programación de Mantenimiento TPM

5.1.4.1. PASO 6: Programa de Mantenimiento Preventivo

Aquí el área de planeamiento, tendrá que crear su programa anual o calendario de actividades. Teniendo en cuenta, una frecuencia no solo, trimestral, mensual y semanal, como se viene trabajando, si no tendrá que incorporar actividades diarias, que serán monitoreadas y de igual forma fiscalizadas como todas las actividades programadas; a través de un formato que posteriormente se formará.

5.1.4.2. PASO 7: Integración de Actividades Autónomas

Se diseñará procedimientos para integrar actividades de mantenimiento autónomo en las rutinas operativas semanales, estas actividades deben tener la principal característica de ser visuales o en su defecto de ser físicas, no usar mucha indumentaria adicional, tales como son las actividades de inspección de rayos X o de vibración con equipo vibro-check. Estas actividades de inspección serán y no se limitarán a:

1. Inspección de desgaste de polines, tanto de rodamiento, como guiadores y todos los que compongan la línea a inspeccionar antes del arranque.
2. Inspección de alineamiento de polines, tanto de rodamiento, como guiadores y todos los que compongan la línea a inspeccionar antes del arranque.
3. Inspección de ruidos extraños en los rodamientos o funcionamiento de algún equipo.
4. Inspección y ajuste de pernos en blindajes o equipos antes del arranque.

- Tiempo proyectado para la actividad y medio de fiscalización:

  Para realizar un plan de mantenimiento optimo y añadir un ritmo de actividades diarias, nuevas para el área de operaciones, nos tomaremos un día a dos para poder crear el formato adecuado, en este caso será referenciado, un formato de inspección de polines, donde encontraremos, el código de equipo al que pertenece el polín, colocaremos el lado y cuál es la falla que se le observa. Podemos observar las actas de actividades diarias en el anexo 9.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.1.5. Gestión de Cambios Apoyados en el TPM

5.1.5.1. PASO 8: Procedimientos para Gestionar Cambios

En esta propuesta de mantenimiento se busca que el operador tenga un papel más activo en las tareas de mantenimiento, pero si bien puede pensarse que el mantenimiento responde a una actividad estrictamente de reemplazo de activos y aún más cuando se basa en una ISO como la 55 000. Este no será nuestro caso, o al menos no en su totalidad, ya que no buscamos cambiar completamente el MOF de los trabajadores y aún más arriesgar su integridad y seguridad al realizar actividades para las cuales no estén debidamente capacitados.

Parte de la propuesta de mantenimiento que involucrará a los operadores, son actividades que como se mencionó con anterioridad no necesitarán tanta indumentaria adicional. Por ende, los cambios de componentes para los que se pueda evaluar situaciones de riesgo no deberían exceder a pernería o sus derivados.

5.1.5.2. PASO 9: Evaluación de Riesgos

Aunque no se contempla el realizar un cambio de componente como tal, se evaluará sistemáticamente los riesgos asociados con cambios en equipos, destacando la seguridad del operador durante el mantenimiento rutinario.

Para realizar una debida inspección de polines, muchas veces se realizará cuando la faja este en movimiento, y para ellos, deberán contar con sus EPP necesarios, que principalmente deben de ser, casco, lentes, y guantes. Revisar desde una distancia no menor de un metro y verificar si el polín está teniendo contacto con la faja o esté cumpliendo correctamente con su función. Por consiguiente, marcar en su formato diario, que polín es el que está fallando o el que se encuentre en correcto funcionamiento. Este reporte debe ser entregado al personal de mantenimiento o si es un daño que se está causando a la faja o actividad de suma urgencia, deberá reportar por radio al equipo de mantenimiento su inmediata intervención.

En caso de tener un parada por suciedad o aviso del detector de metales de que un elemento sea a infiltrado. Verificar correctamente que el equipo se encuentre detenido en su totalidad. Después ingresar a verificar el correcto

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ajuste de algún elemento que se encuentren expuestos, para ellos deben contar con sus EPP y además con más de un compañero, ya que tal vez sea necesario, para la toma de medida de torque de algunos pernos. Finalmente, después de haber evacuado las áreas de trabajo, y estar a una distancia prudente, dar la señal de aviso para que el operador de arranque nuevamente al equipo, por consiguiente, se dará aviso a mantenimiento a través de un check-list de los pernos que estuvieron flojos y a cuanto torque se ajustó y de esta manera tener un control más preciso de que blindajes pueden estar próximo a fallar y ser atendidos en una siguiente Parada de Línea, evitando así paradas intempestivas o daños a las fajas.

- Tiempo proyectado para la actividad y medio de fiscalización:

  Para realizar esta actividad, de inspección diaria, utilizaremos de 1 a 3 horas al inicio de turno, ya que las líneas, suele ser de un tramo largo, podrían utilizarse hasta 02 personas de operaciones, para que ambas a la par revisen los equipos, cada uno, por un lado. Para velar por la seguridad y supervisión de cumplimiento de estas medidas, se utilizará un formato de IPERC – Continuo. Se puede observar el formato de IPERC que se sugiere usar en el anexo 10.

5.1.6. Competencias y Capacitación Apoyadas en el TPM

5.1.6.1. PASO 10: Identificación de Competencias Necesarias

Aunque para realizar las actividades rutinarias, no será necesario el uso de mucha indumentaria, será necesario identificar habilidades especificas requeridas, para que lo operadores realicen sus actividades.

Para poder lograr ello, se optó por una metodología aplicada muchas veces para capacitar al personal en distintos temas de seguridad y actividades de regulación, esto es mediante de unas charlas o capacitaciones programadas.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.1.6.2. PASO 11: Programas de Capacitación

Se desarrollarán programas de capacitación centrados en técnicas de TPM y seguridad durante el mantenimiento. Estas sesiones estarán a cargo de un grupo de ingenieros de mantenimiento, que asesoraran al grupo de operaciones, en las distintas actividades, como están relacionada al TPM y la importancia de que estas vayan de la mano con la seguridad, así mismo, el uso de los EPP a utilizar y a explicarles hasta donde pueden llegar a desenvolverse con esta nueva rutina diaria, así se conocerán más y entraran en comunicación personal antes de empezar las actividades físicas.

- Tiempo proyectado para la actividad y medio de fiscalización:

  Para capacitar al personal de operaciones, dedicaremos 1 meses, agrupándolos en distintas fechas, para que no se vea afectado el trabajo diario que ya realizan, por falta de personal. Estas capacitaciones se llevarán a cargo por parte del equipo de mantenimiento y no usaremos un formato como tal, sino solo una lista de asistencia para saber si contamos con la asistencia de las personas que estaban programadas para esa fecha. En el anexo 11 podemos visualizar el formato de lista que emplearemos.

5.1.7. Monitoreo del Desempeño Realizado por Actividades de RCM

5.1.7.1. PASO 12: Implementación de KPIs

Establecer indicadores clave de rendimiento (KPIs) que evalúen la eficiencia, confiabilidad y participación activa de los operadores en el mantenimiento rutinario.

5.1.7.1.1. Frecuencia de Inspección

Este es el número de repeticiones que llevaremos de las inspecciones rutinarias realizadas por los operadores en un período determinado que se tiene establecido. El objetivo de ello, es asegurar que se realicen inspecciones de manera continua así identificar y abordar problemas potenciales antes de que se conviertan en fallas críticas. Todo esto a través programar en las actividades diarias, en el formato que se utiliza por medio del área de planeamiento.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.1.7.1.2. Tiempo Promedio de Respuesta a Reportes

Este es el tiempo que aproximamos que en promedio tarda el personal de mantenimiento en responder a los informes realizados por los operadores. El objetivo es minimizar y asegurar el tiempo de respuesta rápida para abordar las preocupaciones de mantenimiento de manera oportuna. El medio para levarlo a cabo serán las hojas de inspecciones de check-list; donde se anotará la hora en que se entregó dicho documento al área de mantenimiento y ellos deberán firmar y colocar la hora a la que lo esté recepcionado. En caso de haber una demora, se deberá colocar el sustento de este en el reporte de la actividad.

5.1.7.2. PASO 13: Índice de Ejecución de Mantenimiento Preventivo por Operadores

Este indicador será el porcentaje de tareas de mantenimiento preventivo realizadas por los operadores en comparación con el total planificado Esto con la finalidad de estar seguros que los operadores estén cumpliendo con las tareas de mantenimiento preventivo asignadas en los planes de mantenimiento. A través de los check-list se verá si efectivamente están cumpliendo con la inspección de los elementos, de caso contrario, se tendrá que realizar una sanción con el ingeniero de mantenimiento en turno. (Maya, 2018)

5.1.7.2.1. Tiempo Promedio entre Fallas (MTBF)

Cronometraremos del tiempo en el que se promedia que la faja transportadora opera sin experimentar una falla. Ello con la finalidad de poder aumentar la confiabilidad y eficiencia al reducir las paradas intempestivas por las fallas.

A través de que tendremos una proyección del periodo de fallas de los equipos por medio del área de Performance, podremos monitorear esta frecuencia y saber si estamos cumpliendo con la proyección, disminuyendo o aumentando esos periodos.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.1.7.2.2. Índice de Disponibilidad de las Fajas Transportadoras

Este será el cálculo de porcentaje de tiempo en el que las fajas transportadoras están operativas y disponibles para el transporte. Permitiendo maximizar la disponibilidad de la faja transportadora, para asegurar que esta envíe material el mayor tiempo posible. Llevaremos esto a cabo a través de la proyección que tendremos del periodo de la disponibilidad de los equipos por medio del área de Performance, contrastaremos esta data, con la información brindada por el área de CCR (Central Control Remote) quien nos informara cada vez que el equipo este trabajando o no, en base a ello podremos tomar futuras medidas, para reducir y mejorar este KPI.

5.1.7.3. PASO 14: Participación en Programas de Formación

Necesitaremos saber el porcentaje de operadores que han participado en programas de formación en mantenimiento. Esto con el objetivo de asegurar que todos los operadores estén capacitados para realizar tareas de mantenimiento básicas. Podremos llevar esto a cabo a través del listado de las asistencias a las charlas y según se vea el rendimiento de actividades, se podrá corroborar sí estuvieron participando de forma activa los operadores.

5.1.7.4. PASO 15: Feedback de los Operadores

Esto será la recopilación de comentarios y sugerencias de los operadores sobre el proceso de participación en el mantenimiento, con la finalidad de identificar oportunidades de mejora y evaluar la percepción y satisfacción de los operadores.

Esto lo realizaremos mensualmente, al inicio de las capacitaciones, se les dará un formato, donde podrán escribir, sus experiencias en esta nueva actividad, lo que opinan, y si tienen alguna manera de mejorar este proceso, y lo podrán depositar en un ánfora, teniendo la opción de participar de manera anónima o no. Los fiscalizadores serán los encargados de analizar estas respuestas.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.1.7.5. PASO 16: Costos de Mantenimiento

Tendremos en cuenta los costos asociados con el mantenimiento, incluyendo materiales y horas de trabajo. Esto con el fin de mantener costos de mantenimiento bajo control mientras se mejora la eficiencia y confiabilidad.

Se menciona este punto para tener en cuenta todos los procedimientos y aristas que se abordaran, no obstante, en esta investigación no se enfatiza ni dará detalles de ningún tema acerca de costos ya que es un punto que se aleja mucho de la visión de este trabajo.

5.1.7.6. PASO 17: Uso Informado de la Información

Gracias a los KPIs podremos ver y analizar cuanto será nuestro avance con este sistema planteado, y esto gracias a los datos que podamos recopilar, por ello será necesario el crear un sistema efectivo para analizar y utilizar la información recopilada en la toma de decisiones informada.

- Tiempo proyectado para la actividad y medio de fiscalización

  No podríamos estimar una fecha para la realización de esta actividad, ya que la toma de datos, es invariable y distinta según sea la actividad, pero se estimará un mes como tiempo de recolección de datos, ya que mensualmente, se llevará un control de comparación para ver el avance que se está teniendo o que cosas ya podemos ir mejorando, si es que no, descartando en esta gestión. Actualmente la empresa maneja su base de datos e información de actividades con cuadros de Excel, pero se podría implementar un sistema más programable a través del SAP, ya que es una medida que se viene implementando en los últimos meses en la empresa.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.1.8. Mejora Continúa dadas por el RCM y apoyadas por el TPM

5.1.8.1. PASO 18: Procesos para Identificar Oportunidades

El primer paso fue ya poder implementar a los operadores en actividades de mantenimiento diarias, ahora, aprovechando la recopilación de datos que tengan relación al rendimiento operativo, el mantenimiento que se viene realizando y sobre todo a la participación de los operadores, también apoyándose en los informes de inspección, registros de mantenimiento y datos de tiempo de la actividad. Esto nos ayudará a identificar patrones y a su vez ver que áreas necesitan una mejora continua o replanteo de planificación.

5.1.8.2. PASO 19: Acciones Correctivas y Preventivas

Cuando ocurra una falla o un incidente, se deberá llevar a cabo una investigación detallada, de esa manera se buscará identificar las causas de esta y a su vez no solo solucionarla, si no crear planes nuevos de mantenimiento preventivos, con procedimientos claros y que se sigan de manera constante.

- Tiempo proyectado para la actividad y medio de fiscalización:

  Por cada suceso o falla que se vea, el área de operaciones deberá realizar un informe, detallando las fallas y causas. El equipo de mantenimiento en conjunto con el equipo de planeamiento deberá crear no solo nuevas OT (Ordenes de Trabajo) para reparar la falla si no, actividades que no permitan esta incidencia y así eliminar esa falla de un periodo continuo.

5.1.8.3. PASO 20: Auditorías Regulares

Realizar auditorías internas periódicas, partiremos definiendo los objetivos específicos que buscaremos a través de estas auditorias, esto se hará en compañía de los operadores que realizaron las inspecciones rutinarias. Aquí se presentarán evaluaciones de frecuencia en las inspecciones, la calidad de los informes de los operadores y se observará las practicas seguras que tuvieron lugar en este periodo de tiempo.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.1.8.4. PASO 21: Revisión de Hallazgos

Revisar hallazgos y aplicar acciones correctivas necesarias para mejorar los procesos de mantenimiento. Formaremos un equipo de auditores que puedan realizar una evaluación imparcial, este equipo será conformado por personas con experiencias en mantenimiento, seguridad y la gestión de procesos llevados a cabo.

Se clasificaría los hallazgos según su gravedad y el impacto que este teniendo en la eficiencia y seguridad del plan de mantenimiento. Se establecerá prioridades basadas en la importancia y urgencia de los hallazgos. Volveremos aplicar el RCM para a través de un análisis de causa raíz comprender porque sucedieron estos problemas, se involucrará a los operadores en la identificación tanto del problema, como en la solución de estos.

Se diseñarán planes específicos para estos problemas, estableciendo medidas y sobre todo plazos necesarios para solucionar estos problemas. Finalmente se implementará estos nuevos planes de acción, no sin antes comunicar claramente las nuevas prácticas o procedimientos a todos los involucrados.

- Tiempo proyectado para la actividad y medio de fiscalización:

  Las personas designadas para actuar de fiscalizadores serán los superintendentes tanto de operaciones, mantenimiento como los de planeamientos. Ellos fiscalizarían toda la data obtenida y el tiempo de evaluación de ello, dependerá del periodo de fallas que vea preciso el área de mantenimiento, que servirá incluso para modificar el plan de mantenimiento.

5.1.8.5. PASO 22: Mantenimiento de Documentación Clara

Mantener registros claros de las actividades de mantenimiento como son los check-list, y las hojas de inspección, así mismo las actas donde se compruebe la participación de los operadores.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.1.8.6. PASO 23: Revisiones Periódicas de la Alta Dirección

Realizar revisiones periódicas, por parte de la alta dirección, frecuencia que será pactada al inicio del proyecto, con la finalidad de evaluar el desempeño del sistema de gestión de activos y del TPM.

5.1.8.7. PASO 24: Ajuste Constante de Políticas y Objetivos

Ajustar políticas y objetivos según sea necesario para mejorar continuamente la eficiencia, confiabilidad y participación de los operadores. Esto será posible al compromiso de todas las áreas sin importa el cargo o puesto que se ocupe.

- Tiempo proyectado para la actividad y medio de fiscalización

  Cada tres meses se llevará a cabo una reunión con la gerencia china, donde se expondrán los avances y se demostrará la participación de todos los involucrados, demostrando así que se llevaba el procedimiento exacto de lo proyectado.

5.2. Diagrama de secuencia de aplicación TPM

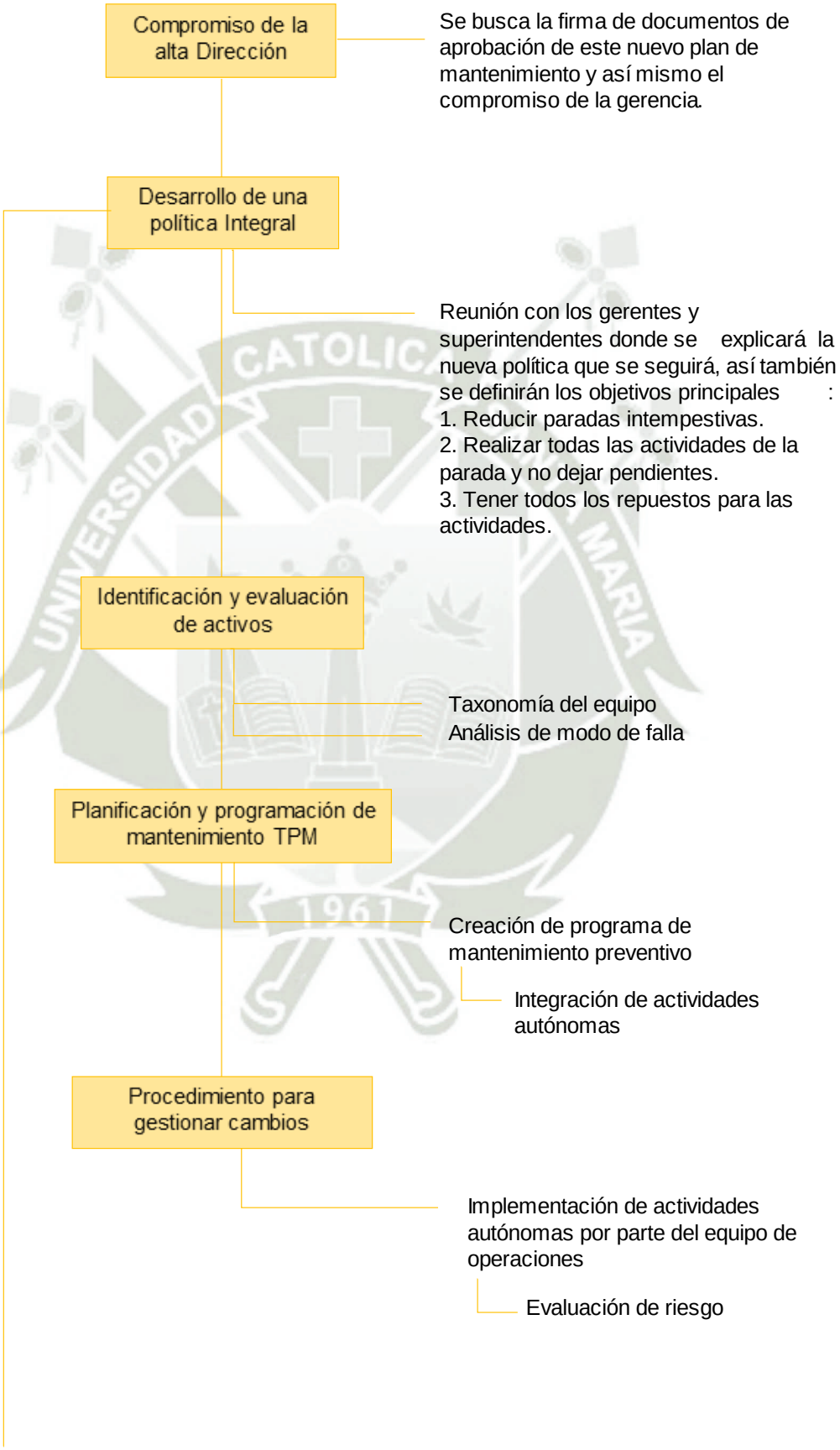
El siguiente esquema muestra de forma resumida y directa el resultado de la aplicación del plan de mantenimiento TPM que se irá implementando a la par del plan de mantenimiento RMC como se visualiza en la figura 33. (Hernandez, 2021)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 33

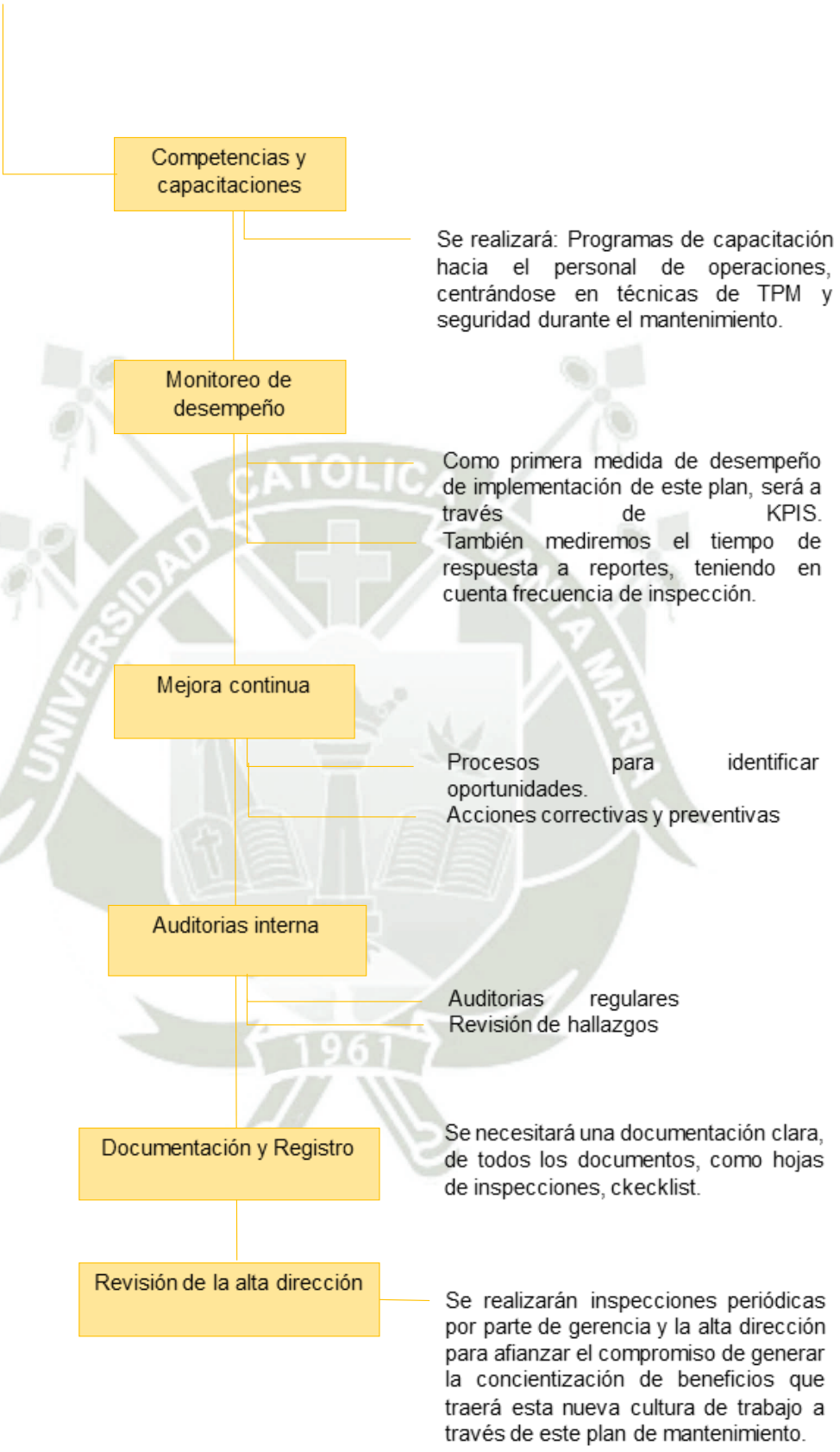
Diagrama de secuencia de aplicación TPM



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CONCLUSIONES

PRIMERO: Se realizó una propuesta para aplicar un plan de mantenimiento basado en RCM y TPM a la línea 2 de la empresa Shougang Hierro Perú, el cual lograría concientizar al equipo de operaciones, a través de una cultura de trabajo que busca la autonomía y el sentido de pertenencia de su equipo, como se muestra en el capítulo V.

SEGUNDO: La encuesta sobre estrategias funcionales de la planta de chancado, nos permitió ver cuál es el estado actual, bajo el que funciona el área donde se encuentra nuestro equipo, que es la zona de mantenimiento de la planta de chancado, así mismo saber cómo se distribuyen las funciones actualmente, y saber si estos mismos encargados son conscientes de los parámetros de sus funciones, como resultado de ello se obtuvo:

- Que 4 de los 7 entrevistados no tienen un conocimiento claro de las estrategias de funcionamiento de la planta de chancado, así mismo los otros 3 trabajadores que pueden llegar a tener conocimiento, no son conscientes de si estas estrategias se difunden o se dan a conocer a los demás.
- En la encuesta realizada sobre organización y funciones de planta de chancado, 3 de los 7 entrevistados no tienen conocimiento de la organización que esta lleva, siendo estos 3 los operadores directos de la faja de línea 2.
- Finalmente, en relación al ambiente y seguridad, 4 de los 7 entrevistados, no cuentan con información sobre factores de riesgo o que procedimientos deben realizar en caso de algún incidente o accidente que afecte al medio ambiente.

  Llegando a la conclusión que el personal involucrado directamente en la operación del equipo no cuenta con conocimiento de un plan de trabajo lo cual es contraproducente en la línea de producción ya que no tiene funciones delimitadas y muchas veces esto conduce a una mala operación del equipo y no poder reportar a tiempo hasta que el equipo se vea con una falla mecánica, haciendo así una parada intempestiva, que conduce a una pérdida económica de aproximadamente 180 000 dólares en la línea de producción.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

TERCERO: Se realizó un estudio de la taxonomía de la faja 02, dando como resultado cinco sistemas, que determinan los componentes principales de la faja transportadora, este trabajo permite discriminar las principales actividades que pueden llegar a tener fallos determinados por cada sistema. El capítulo IV nos muestra los detalles de este trabajo.

CUARTO: Al realizó un análisis de criticidad de los componentes de cada sistema, llegando a la conclusión que al ver el sistema completo, no muestra valores de criticidad alta, sin embargo, al analizar los subsistemas muestran valores de criticidad intermedia o que están muy próximos a una alta criticidad, por ende al no despreciar estos valores y evaluarlos componente por componente, obtenemos en cuanto al sistema de carga y descarga, las planchas de blindaje con criticidad A y en el sistema de contención el T-CAT, el relé de protección de motores y el detector de metales con criticidad A, siendo A, alta criticidad; lo que origina las fallas reiteradas veces, ahora al tenerlas identificas lo que nos ayudará a enfatizar hacia donde debemos dirigir las inspecciones en nuestro plan de mantenimiento. El capítulo IV nos muestra los detalles de este trabajo.

QUINTO: Se realizó un plan de mantenimiento adecuado a las condiciones definidas en el estudio previo, este contiene inspecciones semanales, quincenales, pero lo que más apuesta son por las inspecciones realizadas diariamente, con la particularidad de que estas no serán efectuadas por el equipo de mantenimiento, si no será realizadas por el equipo de operaciones, ya que ellos, están en constante interacción con el equipo lo que les permitirá poder identificar de una manera más rápida si hay algún sonido anómalo o visualmente algún desalineamiento. Este plan se detalla en el anexo 4.

SEXTO: Se propuso un plan de integración aplicando la metodología TPM a nuestro plan RCM, fomentando el compromiso de todas las áreas, incluyendo la alta dirección como la gerencia de operaciones, la gerencia de mantenimiento y otras áreas de interés como parte de nuestra propuesta.

Esto promueve la creación de una cultura de trabajo, a través de un proceso de formación al personal, sentido de pertenencia de los equipos por parte del área de operaciones, siendo ellos quienes realizan actividades diarias de

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

inspección, dando aviso al área de mantenimiento, creando así actividades de prevención para las paradas intempestivas que son muy recurrente en la planta. La figura 28 detalla el plan de TPM en conjunto al RCM.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

RECOMENDACIONES

PRIMERO: Parte de la efectividad que se espera de la propuesta del plan de mantenimiento, es la recopilación de datos y el acceso a este, sin embargo, cabe recalcar que esta propuesta de mantenimiento es exclusivamente para la parte mecánica, esto, porque en la empresa Shougang Hierro Perú, desde el área de planeamiento, como mantenimiento separa la parte mecánica y la parte eléctrica. Por ende, para tener un mejor registro y control, se recomendaría aplicar esta misma metodología en la parte eléctrica.

Se recomienda la integración en planeamiento de la parte eléctrica y mecánica.

SEGUNDO: Se recomienda utilizar un sistema informático que permita evaluar los costos de las operaciones basados en la información que se propone en este trabajo. Esto permitirá evaluar inclusive el costo de implementación de esta propuesta.

TERCERO: Al ser la primera vez que se propone este modelo de mantenimiento, centrado en la recopilación de datos, se propusieron actas y formatos que sirven para registrar datos que permitan evaluar estados e indicadores de diversas operaciones. Estos formatos deben ser mejorados en el futuro en función de los resultados.

CUARTO: Esta propuesta sigue los modelos actuales de trabajo de la empresa Shougang Hierro Perú, como es el uso de tablas Excel para el almacenamiento de datos. En el futuro deberían crear modelos que respalden esta propuesta de mantenimiento a través de programas de gestión como SAP, para formar una mejor recopilación de datos y avisos de comunicación de manera más rápida y efectiva.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andrea, E., & Sierra, C. (2017). *Técnicas de Mantenimiento en Instalaciones Minera.*

Antony, J., Kumar, M., & Tiwari, M. K. (2005). An application of Six Sigma methodology to reduce the engine-overheating problem in an automotive company. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part B: Journal of Engineering Manufacture*, *219*(8), 633--646.

Asociación Española de Normalización UNE. (2016). *Norma ISO, ISO 14224.*

Bejarano, L., & Fernandez, A. (2015). *Modelo de optimizacion para el mantenimiento proactivo de los equipos para la produccion de leche U.H.T de la Cooperativa Colanta S.A. Basado en Rcm.* [Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico].

Belloso, R. (2019). *Análisis de Criticidad Integral de Activos.*

Castro, J. (2024). *Desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo para las máquinas de control e inspección de calidad de la empresa SICCPETR S.A. de la Ciudad del COCA"* . [Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico].

Cerna, J., & Jara, L. (2022). *Plan de Mantenimiento Preventivo RCM en la Red de Media Tensión 22.9Kv en la Provincia de Cajabamba para la Mejora de la Confiabilidad en el Consorcio SESGA-REYSER S.R.L.* [Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista].

Clavijo, S. (2007). Linneo: La pasión de un médico por la clasificación de los seres vivos. *Ciencia Salud*, 3.

Contaval. (2016). *Visión Artificial en la Automatización Industrial potenciada con Control Visual Excepcional*. Obtenido de https://www.contaval.es/vision-artificial-en-la-automatizacion-industrial/

Coorporación Suya. (2017). *Proyecto integral de la municipalidad de San Jun de Marcona.*

Fraccttal. (2018). *Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)*. Obtenido de https://www.fracttal.com/es/guias-mantenimiento/mantenimiento-centrado-en-confiabilidad#:~:text=El%20objetivo%20del%20RCM%20es,de%20funcionamiento%20seguras%20y%20fiables.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Giuria, et al. (2022). *Maintenance management model based on RCM and TPM to optimize times and costs within the useful life cycle of nautical assets.*

Hernandez, A. (2021). *Propuesta de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para la máquina calibradora de BIOFRUIT EXPORT SA Piura 2021* . [Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Indutrial].

Infinitia. (2021). *Qué es AMFE: El análisis modal de fallos y efectos*. Obtenido de https://www.infinitiaresearch.com/noticias/que-es-analisis-modal-fallos-efectos-amfe/#:~:text=El%20an%C3%A1lisis%20modal%20de%20fallos%20y%20efectos%2C%20conocido%20por%20sus,que%20la%20ingenier%C3%ADa%20forense%2C%20evitarlos.

Josh. (Diciembre de 2015). *Tecnología, invención, aplicación y más*. Obtenido de https://medium.com/technology-invention-and-more/everything-you-need-to-know-about-artificial-neural-networks-57fac18245a1

Kennedy, R. (2006). Examen de los procesos de RCM y TPM: ¿Qué logra en última instancia?¿Son compatibles los dos enfoques? *Examen de los procesos de RCM y TPM: ¿Qué logra en última instancia?¿Son compatibles los dos enfoques?*

Kennedy, R. (2006). *Exámenes de los procesos de RCM y TPM: ¿Qué logran en ultima instancia? ¿Son compatibles los dos enfoques?*

Lameirinhas, G. (2019). *Equipos Predictivos por el Mantenimiento Industrial*.

Limited, Woodhouse Partnership. (2019). *Guidelines for Hazard Operability Studies (HAZOP).* Newbury, Inglaterra: Woodhouse Partnership Limited.

López, R. (2022). *Desarrollo de los procesos de mantenimiento en base a las Normas Une-En 17007, Une-En 15341 Y Une-En 13460 para la Empresa Proalim En La Ciudad De Riobamba".* [Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero en Mantenimiento Indutrial].

Martínez, R. (2016). *Propuesta y validación de un modelo integrador de implantación del Mantenimiento Productivo Total (TPM). Aplicación en una empresa industrial.* Tesis Doctoral.

Maya, J. (2018). *Aplicación de RCM como estrategia de implementación del mantenimiento predictivo para la metodología TPM.* [Tesis para optar el Título Profesional de Magister en Ingeniería Mecánica].

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales . (2004). *NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos. AMFE* .

Moubray, J. (1997). *Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.* Industrial Press Inc.

Moubray, J. (1997). *Reliability Centered Maintenance.*

Moubray, J. (Enero de 2004). Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad. *Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad*. Lutterworth, Reino Unido: Aladon Network Founder.

Moubray, J. (2021). *Mantenimiento centrado en confiabilidad.*

Navas, Á. (2012). *Desarrollo e implementación de un sistema de gestión de mantenimiento centrado en confiabilidad para una empresa Manufacturera de Fideos.* [Tesis para optar el Grado De Magíster en Ingeniería Industrial Y Productividad].

Nayhua, J. (2018). *Diseño de un plan mantenimiento con la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad para perforadoras Atlas Copco ct20 en la Empresa Explodrilling.* [Tesis para optar el Grado Académico de Maestro en Ingeniería de Mantenimiento].

Pantaleón, J. (2021). *Gestión de mantenimiento para aumentar la eficiencia de la empresa editora Eilat S.A.C –Chiclayo, 2020.* [Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Indutrial].

Pardo, C. (Diciembre de 2017). *vision por computador*. Obtenido de https://carlosjuliopardoblog.wordpress.com/2017/12/04/hog-histograma-de-gradientes-orientados/

Paredes, F. (2008). *¿TPM, RCM o Ambos?* .

Parra, & Crespo. (2020). *Criticality Analysis Methods. Based on the Risk Assessment Process.* Sevilla, España: Ingema.

Polaridad. (2018). *Cómo optimizar la gestión de la capacitación para mejorar el rendimiento de tu equipo*. Obtenido de https://polaridad.es/gestion-de-la-capacitacion/

Reliability and Risk Management. (2016). *Análisis de criticidad y Análisis de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.* México: R2M. S.A Reliability and Risk Management. Obtenido de https://carec.com.pe/biblioteca/biblio/4/81/Lectura.%20MV%20AC-MCC.pdf

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Rodriguez, R., & Vega, V. (2022). *Propuesta de mantenimiento productivo total para mejorar la eficiencia de la línea de envasado hotfill en una empresa de bebidas no alcohólicas.* [Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Indutrial].

Romero, J. (2020). *Implementación de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para aumentar la disponibilidad de la flota de desbrozadoras de la empresa Agroindustrial Virú S.A.* [Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Indutrial].

Ron, M., & Ron, R. (1999). *La combinación del TPM y del RCM. Estudio de un caso práctico.*

Solórzano, G. (2019). *Taxonomía de activos físicos.* Santa Cruz.

Suzuki, T. (1994). *TPM en industrias de proceso.* Porland: Productivity Press.

Suzuki, T. (2017). TPM en industrias de proceso. *Japan Institute of Plant Maintenance*, 39.

Tejada, J. (2019). *"Propuesta de Modelo de Optimización de la Disponibilidad de Maquinaria y Equipo del Área de Maestranza de la Empresa FAMAI, Utilizando la Metodología del.* [Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Indutrial].

Woodhause, J. (2019). *Criticality Analysis Revisited.*

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ANEXOS

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Anexo 1

Cuestionario aplicado a los involucrados en el proceso de trabajo

1. ENTREVISTADO 01

ACERCA DE LA ESTRATEGIA FUNCIONAL DE PLANTA DE CHANCADO		SI	NO
1	¿La planta de chancado tiene estrategia de funciones?		x
2	¿Los conoce?	x	
3	¿Existe un manual de funciones?	x	
4	¿Lo conoce?		x
5	¿Se difunde o se publica?		x
6	¿La planta de chancado tiene estrategia organizacional?	x	
7	¿La conoce?	x	
8	¿Se difunde o se publica?		x

ACERCA DE LA ORGANIZACIÓN Y FUNCIONES DE PLANTA DE CHANCADO		SI	NO
9	¿La planta de chancado tiene una organzión definida?	x	
10	¿La conoce?	x	
11	¿El personal es adecuado para cada función?	x	
12	En su opinión, cuál de las funciones es más importante? Califique de 1 a 5 en orden de importancia, donde 1 es menos importante y 5 es el más importante:	PUNTAJE 1-5	
12.1	Coordinar planes y objetivos de desarrollo	5	
12.2	Planear y realizar actividades laborales	5	
12.3	Planear y realizar actividades de servicios	5	
12.4	Planificar operaciones de mantenimiento	5	
12.5	Planificar operaciones de procedimientos de mantenimiento	4	
12.6	Realizar operaciones de mantenimiento	5	

EN RELACIÓN A LA FUNCIÓN REMARQUE		
13	¿Cuál es la función básica del equipo Línea 2, anote la relación de prioridad	NÚMERO DE PRIORIDADES
	A) Transportar	1
	B) Descargar	2
	C) Evitar pérdidas	3
	D) Evitar daños personales o físicos	4

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

EN RELACIÓN DEL AMBIENTE		SI	NO
14	¿El ambiente en el que se encuentra le permite realizar estas funciones descritas en A, B, C y D?		
	A	x	
	B		x
	C		x
	D		x
EN RELACIÓN A LA SEGURIDAD		SI	NO
15	¿La máquina cuenta con un factor de seguridad?	x	
16	¿Está escrito?	x	
17	¿La máquina cuenta con protección electrica sobre el personal de operación?		x
18	¿La máquina cuenta con una parada de emergencia por posible daño al personal?	x	
19	¿Existe protección sobre operaciones de montaje y desmontaje de la faja o componentes de esta?		x
20	¿Existe protección de los operadores en el momento del mantenimiento	x	
21	¿La máquina cuenta con un factor de seguridad ambiental?		x
22	¿Lo conoce?		x
EN RELACIÓN A LA ESTRUCTURA DE LA FAJA LÍNEA 2		SI	NO
23	¿Conoce su capacidad?Conoce la capacidad de la faja?		x
24	¿La máquina trabaja de acuerdo a las estipulaciones del fabricante?	x	
24.5	Si la resuesta anterior fue no, ¿Por qué cree que es así?	Debe, no se, confío en que si porque si no los repuestos no calzarían	
EN RELACIÓN AL MANEJO, SENSIBILIDAD Y CONFORT DE OPERACIÓN		SI	NO
25	¿Es fácil operar la faja?	x	
26	¿Considera que es segura?	x	
27	¿La faja concede una fácil lectura de su operación?	x	
28	¿El espacio que tiene para trabajar es el adecuado?	x	
29	¿La iluminación para trabajar en este equipo, es la adecuada?		x
30	¿El ruido es permisible?	x	
31	¿Conoce el límite de ruido permisible?		x
32	¿La ventilación siente que es la adecuada?	x	
33	¿El nivel de suciedad es adecuado?	x	
34	¿Cuenta con los servicios, necesarios (electricidad, agua, etc)		x
PROTOCOLO DE TRABAJO Y CONTENCIÓN		SI	NO
35	¿Existe un manual de operación de la faja?	x	
36	¿Está escrito y al alcance de los usuarios?		x
37	¿El espacio de operación está fisicamente delimitado?	x	
38	¿Existe un protocolo para posibles incidentes provocados por la máquina?		x
39	¿Está escrito?		x
40	¿Existe un protocolo para posibles perdidas de energía de la faja (calor, electricidad, ruido, etc)		x

Nota: Coorporación Suya, (2017).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2. ENTREVISTADO 02

ACERCA DE LA ESTRATEGIA FUNCIONAL DE PLANTA DE CHANCADO		SI	NO
1	¿La planta de chancado tiene estrategia de funciones?		x
2	¿Los conoce?	x	
3	¿Existe un manual de funciones?	x	
4	¿Lo conoce?		x
5	¿Se difunde o se publica?		x
6	¿La planta de chancado tiene estrategia organizacional?	x	
7	¿La conoce?	x	
8	¿Se difunde o se publica?		x

ACERCA DE LA ORGANIZACIÓN Y FUNCIONES DE PLANTA DE CHANCADO		SI	NO
9	¿La planta de chancado tiene una organzión definida?	x	
10	¿La conoce?	x	
11	¿El personal es adecuado para cada función?	x	
12	En su opinión, cuál de las funciones es más importante? Califique de 1 a 5 en orden de importancia, donde 1 es menos importante y 5 es el más importante:	PUNTAJE 1-5	
12.1	Coordinar planes y objetivos de desarrollo	5	
12.2	Planear y realizar actividades laborales	5	
12.3	Planear y realizar actividades de servicios	5	
12.4	Planificar operaciones de mantenimiento	5	
12.5	Planificar operaciones de procedimientos de mantenimiento	4	
12.6	Realizar operaciones de mantenimiento	5	

EN RELACIÓN A LA FUNCIÓN REMARQUE		
13	¿Cuál es la función básica del equipo Línea 2, anote la relación de prioridad	NÚNMERO DE PRIORIDADES
	A) Transportar	1
	B) Descargar	2
	C) Evitar pérdidas	3
	D) Evitar daños personales o físicos	4

EN RELACIÓN DEL AMBIENTE		SI	NO
14	¿El ambiente en el que se encuentra le permite realizar estas funciones descritas en A, B, C y D?		
	A		x
	B		x
	C		x
	D		x

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

EN RELACIÓN AL MANEJO, SENSIBILIDAD Y CONFORT DE OPERACIÓN		SI	NO
25	¿Es fácil operar la faja?	x	
26	¿Considera que es segura?	x	
27	¿La faja concede una fácil lectura de su operación?	x	
28	¿El espacio que tiene para trabajar es el adecuado?	x	
29	¿La iluminación para trabajar en este equipo, es la adecuada?		x
30	¿El ruido es permisible?	x	
31	¿Conoce el límite de ruido permisible?		x
32	¿La ventilación siente que es la adecuada?	x	
33	¿El nivel de suciedad es adecuado?	x	
34	¿Cuenta con los servicios, necesarios (electricidad, agua, etc)		x

EN RELACIÓN A LA SEGURIDAD		SI	NO
15	¿La máquina cuenta con un factor de seguridad?	x	
16	¿Está escrito?	x	
17	¿La máquina cuenta con protección electrica sobre el personal de operación?		x
18	¿La máquina cuenta con una parada de emergencia por posible daño al personal?	x	
19	¿Existe protección sobre operaciones de montaje y desmontaje de la faja o componentes de esta?		x
20	¿Existe protección de los operadores en el momento del mantenimiento	x	
21	¿La máquina cuenta con un factor de seguridad ambiental?		x
22	¿Lo conoce?		x

EN RELACIÓN A LA ESTRUCTURA DE LA FAJA LÍNEA 2		SI	NO
23	¿Conoce su capacidad?Conoce la capacidad de la faja?		x
24	¿La máquina trabaja de acuerdo a las estipulaciones del fabricante?	x	
24.5	Si la resuesta anterior fue no, ¿Por qué cree que es así?		

PROTOCOLO DE TRABAJO Y CONTENCION		SI	NO
35	¿Existe un manual de operación de la faja?	x	
36	¿Está escrito y al alcance de los usuarios?		x
37	¿El espacio de operación está fisicamente delimitado?	x	
38	¿Existe un protocolo para posibles incidentes provocados por la máquina?		x
39	¿Está escrito?		x
40	¿Existe un protocolo para posibles perdidas de energía de la faja (calor, electricidad, ruido, etc)		x

Nota: Coorporación Suya, (2017).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3. ENTREVISTADO 03

ACERCA DE LA ESTRATEGIA FUNCIONAL DE PLANTA DE CHANCADO		SI	NO
1	¿La planta de chancado tiene estrategia de funciones?	x	
2	¿Los conoce?		x
3	¿Existe un manual de funciones?	x	
4	¿Lo conoce?	x	
5	¿Se difunde o se publica?	x	
6	¿La planta de chancado tiene estrategia organizacional?	x	
7	¿La conoce?	x	
8	¿Se difunde o se publica?	x	

ACERCA DE LA ORGANIZACIÓN Y FUNCIONES DE PLANTA DE CHANCADO		SI	NO
9	¿La planta de chancado tiene una organzión definida?		x
10	¿La conoce?		x
11	¿El personal es adecuado para cada función?	x	
12	En su opinión, cuál de las funciones es más importante? Califique de 1 a 5 en orden de importancia, donde 1 es menos importante y 5 es el más importante:	PUNTAJE 1-5	
12.1	Coordinar planes y objetivos de desarrollo	4	
12.2	Planear y realizar actividades laborales	3	
12.3	Planear y realizar actividades de servicios	4	
12.4	Planificar operaciones de mantenimiento	5	
12.5	Planificar operaciones de procedimientos de mantenimiento	5	
12.6	Realizar operaciones de mantenimiento	5	

EN RELACIÓN A LA FUNCIÓN REMARQUE		
13	¿Cuál es la función básica del equipo Línea 2, anote la relación de prioridad	NÚNMERO DE PRIORIDADES
	A) Transportar	3
	B) Descargar	4
	C) Evitar pérdidas	2
	D) Evitar daños personales o físicos	1

EN RELACIÓN DEL AMBIENTE		SI	NO
14	¿El ambiente en el que se encuentra le permite realizar estas funciones descritas en A, B, C y D?		
	A		x
	B		x
	C	x	
	D		x

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

EN RELACIÓN AL MANEJO, SENSIBILIDAD Y CONFORT DE OPERACIÓN		SI	NO
25	¿Es fácil operar la faja?		x
26	¿Considera que es segura?		x
27	¿La faja concede una fácil lectura de su operación?	x	
28	¿El espacio que tiene para trabajar es el adecuado?		x
29	¿La iluminación para trabajar en este equipo, es la adecuada?		x
30	¿El ruido es permisible?	x	
31	¿Conoce el límite de ruido permisible?	x	
32	¿La ventilación siente que es la adecuada?	x	
33	¿El nivel de suciedad es adecuado?		x
34	¿Cuenta con los servicios, necesarios (electricidad, agua, etc)	x	

EN RELACIÓN A LA SEGURIDAD		SI	NO
15	¿La máquina cuenta con un factor de seguridad?	x	
16	¿Está escrito?	x	
17	¿La máquina cuenta con protección electrica sobre el personal de operación?	x	
18	¿La máquina cuenta con una parada de emergencia por posible daño al personal?	x	
19	¿Existe protección sobre operaciones de montaje y desmontaje de la faja o componentes de esta?	x	
20	¿Existe protección de los operadores en el momento del mantenimiento	x	
21	¿La máquina cuenta con un factor de seguridad ambiental?	x	
22	¿Lo conoce?	x	

EN RELACIÓN A LA ESTRUCTURA DE LA FAJA LÍNEA 2		SI	NO
23	¿Conoce su capacidad?Conoce la capacidad de la faja?	x	
24	¿La máquina trabaja de acuerdo a las estipulaciones del fabricante?	x	
24.5	Si la resuesta anterior fue no, ¿Por qué cree que es así?		

PROTOCOLO DE TRABAJO Y CONTENCION		SI	NO
35	¿Existe un manual de operación de la faja?		x
36	¿Está escrito y al alcance de los usuarios?		x
37	¿El espacio de operación está fisicamente delimitado?	x	
38	¿Existe un protocolo para posibles incidentes provocados por la máquina?	x	
39	¿Está escrito?	x	
40	¿Existe un protocolo para posibles perdidas de energía de la faja (calor, electricidad, ruido, etc)	x	

Nota: Coorporación Suya, (2017).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4. ENTREVISTADO 04

ACERCA DE LA ESTRATEGIA FUNCIONAL DE PLANTA DE CHANCADO		SI	NO
1	¿La planta de chancado tiene estrategia de funciones?	x	
2	¿Los conoce?	x	
3	¿Existe un manual de funciones?	x	
4	¿Lo conoce?	x	
5	¿Se difunde o se publica?	x	
6	¿La planta de chancado tiene estrategia organizacional?	x	
7	¿La conoce?	x	
8	¿Se difunde o se publica?	x	

ACERCA DE LA ORGANIZACIÓN Y FUNCIONES DE PLANTA DE CHANCADO		SI	NO
9	¿La planta de chancado tiene una organzión definida?	x	
10	¿La conoce?	x	
11	¿El personal es adecuado para cada función?	x	
12	En su opinión, cuál de las funciones es más importante? Califique de 1 a 5 en orden de importancia, donde 1 es menos importante y 5 es el más importante:	PUNTAJE 1-5	
12.1	Coordinar planes y objetivos de desarrollo	5	
12.2	Planear y realizar actividades laborales	5	
12.3	Planear y realizar actividades de servicios	4	
12.4	Planificar operaciones de mantenimiento	5	
12.5	Planificar operaciones de procedimientos de mantenimiento	5	
12.6	Realizar operaciones de mantenimiento	5	

EN RELACIÓN A LA FUNCIÓN REMARQUE		
13	¿Cuál es la función básica del equipo Línea 2, anote la relación de	NÚNMERO DE PRIORIDADES
	A) Transportar	2
	B) Descargar	3
	C) Evitar pérdidas	4
	D) Evitar daños personales o físicos	1

EN RELACIÓN DEL AMBIENTE		SI	NO
14	¿El ambiente en el que se encuentra le permite realizar estas funciones descritas en A, B, C y D?		
	A	x	
	B	x	
	C	x	
	D	x	

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

EN RELACIÓN AL MANEJO, SENSIBILIDAD Y CONFORT DE OPERACIÓN		SI	NO
25	¿Es fácil operar la faja?	x	
26	¿Considera que es segura?	x	
27	¿La faja concede una fácil lectura de su operación?	x	
28	¿El espacio que tiene para trabajar es el adecuado?	x	
29	¿La iluminación para trabajar en este equipo, es la adecuada?	x	
30	¿El ruido es permisible?	x	
31	¿Conoce el límite de ruido permisible?	x	
32	¿La ventilación siente que es la adecuada?	x	
33	¿El nivel de suciedad es adecuado?	x	
34	¿Cuenta con los servicios, necesarios (electricidad, agua, etc)	x	

EN RELACIÓN A LA SEGURIDAD		SI	NO
15	¿La máquina cuenta con un factor de seguridad?	x	
16	¿Está escrito?	x	
17	¿La máquina cuenta con protección electrica sobre el personal de operación?	x	
18	¿La máquina cuenta con una parada de emergencia por posible daño al personal?	x	
19	¿Existe protección sobre operaciones de montaje y desmontaje de la faja o componentes de esta?	x	
20	¿Existe protección de los operadores en el momento del mantenimiento	x	
21	¿La máquina cuenta con un factor de seguridad ambiental?		x
22	¿Lo conoce?		x

EN RELACIÓN A LA ESTRUCTURA DE LA FAJA LÍNEA 2		SI	NO
23	¿Conoce su capacidad?Conoce la capacidad de la faja?	x	
24	¿La máquina trabaja de acuerdo a las estipulaciones del fabricante?	x	
24.5	Si la resuesta anterior fue no, ¿Por qué cree que es así?		

PROTOCOLO DE TRABAJO Y CONTENCION		SI	NO
35	¿Existe un manual de operación de la faja?	x	
36	¿Está escrito y al alcance de los usuarios?	x	
37	¿El espacio de operación está fisicamente delimitado?	x	
38	¿Existe un protocolo para posibles incidentes provocados por la máquina?	x	
39	¿Está escrito?	x	
40	¿Existe un protocolo para posibles perdidas de energía de la faja (calor, electricidad, ruido, etc)	x	

Nota: Coorporación Suya, (2017).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5. ENTREVISTADO 05

ACERCA DE LA ESTRATEGIA FUNCIONAL DE PLANTA DE CHANCADO		SI	NO
1	¿La planta de chancado tiene estrategia de funciones?		x
2	¿Los conoce?		x
3	¿Existe un manual de funciones?		x
4	¿Lo conoce?		x
5	¿Se difunde o se publica?		x
6	¿La planta de chancado tiene estrategia organizacional?	x	
7	¿La conoce?		x
8	¿Se difunde o se publica?	x	

ACERCA DE LA ORGANIZACIÓN Y FUNCIONES DE PLANTA DE CHANCADO		SI	NO
9	¿La planta de chancado tiene una organzión definida?		x
10	¿La conoce?		x
11	¿El personal es adecuado para cada función?	x	
12	En su opinión, cuál de las funciones es más importante? Califique de 1 a 5 en orden de importancia, donde 1 es menos importante y 5 es el más importante:	PUNTAJE 1-5	
12.1	Coordinar planes y objetivos de desarrollo	1	
12.2	Planear y realizar actividades laborales	3	
12.3	Planear y realizar actividades de servicios	2	
12.4	Planificar operaciones de mantenimiento	5	
12.5	Planificar operaciones de procedimientos de mantenimiento	5	
12.6	Realizar operaciones de mantenimiento	4	

EN RELACIÓN A LA FUNCIÓN REMARQUE		
13	¿Cuál es la función básica del equipo Línea 2, anote la relación de	NÚNMERO DE PRIORIDADES
	A) Transportar	2
	B) Descargar	4
	C) Evitar pérdidas	3
	D) Evitar daños personales o físicos	1

EN RELACIÓN DEL AMBIENTE		SI	NO
14	¿El ambiente en el que se encuentra le permite realizar estas funciones descritas en A, B, C y D?		
	A	x	
	B	x	
	C	x	
	D	x	

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

EN RELACIÓN AL MANEJO, SENSIBILIDAD Y CONFORT DE OPERACIÓN		SI	NO
25	¿Es fácil operar la faja?	x	
26	¿Considera que es segura?	x	
27	¿La faja concede una fácil lectura de su operación?	x	
28	¿El espacio que tiene para trabajar es el adecuado?	x	
29	¿La iluminación para trabajar en este equipo, es la adecuada?		x
30	¿El ruido es permisible?		x
31	¿Conoce el límite de ruido permisible?	x	
32	¿La ventilación siente que es la adecuada?		x
33	¿El nivel de suciedad es adecuado?		x
34	¿Cuenta con los servicios, necesarios (electricidad, agua, etc)	x	

EN RELACIÓN A LA SEGURIDAD		SI	NO
15	¿La máquina cuenta con un factor de seguridad?	x	
16	¿Está escrito?	x	
17	¿La máquina cuenta con protección electrica sobre el personal de operación?	x	
18	¿La máquina cuenta con una parada de emergencia por posible daño al personal?	x	
19	¿Existe protección sobre operaciones de montaje y desmontaje de la faja o componentes de esta?	x	
20	¿Existe protección de los operadores en el momento del mantenimiento	x	
21	¿La máquina cuenta con un factor de seguridad ambiental?	x	
22	¿Lo conoce?	x	

EN RELACIÓN A LA ESTRUCTURA DE LA FAJA LÍNEA 2		SI	NO
23	¿Conoce su capacidad?Conoce la capacidad de la faja?	x	
24	¿La máquina trabaja de acuerdo a las estipulaciones del fabricante?		x
24.5	Si la resuesta anterior fue no, ¿Por qué cree que es así?	Se repotenció para poder transportar más mineral	

PROTOCOLO DE TRABAJO Y CONTENCION		SI	NO
35	¿Existe un manual de operación de la faja?	x	
36	¿Está escrito y al alcance de los usuarios?		x
37	¿El espacio de operación está fisicamente delimitado?	x	
38	¿Existe un protocolo para posibles incidentes provocados por la máquina?		x
39	¿Está escrito?		x
40	¿Existe un protocolo para posibles perdidas de energía de la faja (calor, electricidad, ruido, etc)		x

Nota: Coorporación Suya, (2017).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

6. ENTREVISTADO 06

ACERCA DE LA ESTRATEGIA FUNCIONAL DE PLANTA DE CHANCADO		SI	NO
1	¿La planta de chancado tiene estrategia de funciones?		x
2	¿Los conoce?		x
3	¿Existe un manual de funciones?		x
4	¿Lo conoce?		x
5	¿Se difunde o se publica?		x
6	¿La planta de chancado tiene estrategia organizacional?	x	
7	¿La conoce?		x
8	¿Se difunde o se publica?	x	x

ACERCA DE LA ORGANIZACIÓN Y FUNCIONES DE PLANTA DE CHANCADO		SI	NO
9	¿La planta de chancado tiene una organzión definida?		x
10	¿La conoce?		x
11	¿El personal es adecuado para cada función?	x	
12	En su opinión, cuál de las funciones es más importante? Califique de 1 a 5 en orden de importancia, donde 1 es menos importante y 5 es el más importante:	PUNTAJE 1-5	
12.1	Coordinar planes y objetivos de desarrollo	1	
12.2	Planear y realizar actividades laborales	3	
12.3	Planear y realizar actividades de servicios	2	
12.4	Planificar operaciones de mantenimiento	5	
12.5	Planificar operaciones de procedimientos de mantenimiento	5	
12.6	Realizar operaciones de mantenimiento	4	

EN RELACIÓN A LA FUNCIÓN REMARQUE		
13	¿Cuál es la función básica del equipo Línea 2, anote la relación de	NÚNMERO DE PRIORIDADES
	A) Transportar	2
	B) Descargar	4
	C) Evitar pérdidas	3
	D) Evitar daños personales o físicos	1

EN RELACIÓN DEL AMBIENTE		SI	NO
14	¿El ambiente en el que se encuentra le permite realizar estas funciones descritas en A, B, C y D?		
	A	x	
	B	x	
	C	x	
	D	x	

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

EN RELACIÓN AL MANEJO, SENSIBILIDAD Y CONFORT DE OPERACIÓN		SI	NO
25	¿Es fácil operar la faja?	x	
26	¿Considera que es segura?	x	
27	¿La faja concede una fácil lectura de su operación?	x	
28	¿El espacio que tiene para trabajar es el adecuado?	x	
29	¿La iluminación para trabajar en este equipo, es la adecuada?		x
30	¿El ruido es permisible?		x
31	¿Conoce el límite de ruido permisible?	x	
32	¿La ventilación siente que es la adecuada?		x
33	¿El nivel de suciedad es adecuado?		x
34	¿Cuenta con los servicios, necesarios (electricidad, agua, etc)		x

EN RELACIÓN A LA SEGURIDAD		SI	NO
15	¿La máquina cuenta con un factor de seguridad?	x	
16	¿Está escrito?	x	
17	¿La máquina cuenta con protección electrica sobre el personal de operación?	x	
18	¿La máquina cuenta con una parada de emergencia por posible daño al personal?	x	
19	¿Existe protección sobre operaciones de montaje y desmontaje de la faja o componentes de esta?	x	
20	¿Existe protección de los operadores en el momento del mantenimiento	x	
21	¿La máquina cuenta con un factor de seguridad ambiental?	x	
22	¿Lo conoce?	x	

EN RELACIÓN A LA ESTRUCTURA DE LA FAJA LÍNEA 2		SI	NO
23	¿Conoce su capacidad?Conoce la capacidad de la faja?	x	
24	¿La máquina trabaja de acuerdo a las estipulaciones del fabricante?		x
24.5	Si la resuesta anterior fue no, ¿Por qué cree que es así?		

PROTOCOLO DE TRABAJO Y CONTENCION		SI	NO
35	¿Existe un manual de operación de la faja?	x	
36	¿Está escrito y al alcance de los usuarios?		x
37	¿El espacio de operación está fisicamente delimitado?	x	
38	¿Existe un protocolo para posibles incidentes provocados por la máquina?		x
39	¿Está escrito?		x
40	¿Existe un protocolo para posibles perdidas de energía de la faja (calor, electricidad, ruido, etc)		x

Nota: Coorporación Suya, (2017).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

7. ENTREVISTADO 07

ACERCA DE LA ESTRATEGIA FUNCIONAL DE PLANTA DE CHANCADO		SI	NO
1	¿La planta de chancado tiene estrategia de funciones?	x	
2	¿Los conoce?	x	
3	¿Existe un manual de funciones?	x	
4	¿Lo conoce?		x
5	¿Se difunde o se publica?		x
6	¿La planta de chancado tiene estrategia organizacional?	x	
7	¿La conoce?	x	
8	¿Se difunde o se publica?		x

ACERCA DE LA ORGANIZACIÓN Y FUNCIONES DE PLANTA DE CHANCADO		SI	NO
9	¿La planta de chancado tiene una organzión definida?	x	
10	¿La conoce?	x	
11	¿El personal es adecuado para cada función?	x	
12	En su opinión, cuál de las funciones es más importante? Califique de 1 a 5 en orden de importancia, donde 1 es menos importante y 5 es el más importante:	PUNTAJE 1-5	
12.1	Coordinar planes y objetivos de desarrollo	3	
12.2	Planear y realizar actividades laborales	1	
12.3	Planear y realizar actividades de servicios	4	
12.4	Planificar operaciones de mantenimiento	5	
12.5	Planificar operaciones de procedimientos de mantenimiento	2	
12.6	Realizar operaciones de mantenimiento	5	

EN RELACIÓN A LA FUNCIÓN REMARQUE		
13	¿Cuál es la función básica del equipo Línea 2, anote la relación de	NÚNMERO DE PRIORIDADES
	A) Transportar	1
	B) Descargar	4
	C) Evitar pérdidas	3
	D) Evitar daños personales o físicos	2

EN RELACIÓN DEL AMBIENTE		SI	NO
14	¿El ambiente en el que se encuentra le permite realizar estas funciones descritas en A, B, C y D?		
	A	x	
	B	x	
	C	x	
	D	x	

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

EN RELACIÓN AL MANEJO, SENSIBILIDAD Y CONFORT DE OPERACIÓN		SI	NO
25	¿Es fácil operar la faja?	x	
26	¿Considera que es segura?		x
27	¿La faja concede una fácil lectura de su operación?	x	
28	¿El espacio que tiene para trabajar es el adecuado?	x	
29	¿La iluminación para trabajar en este equipo, es la adecuada?	x	
30	¿El ruido es permisible?	x	
31	¿Conoce el límite de ruido permisible?	x	
32	¿La ventilación siente que es la adecuada?	x	
33	¿El nivel de suciedad es adecuado?	x	
34	¿Cuenta con los servicios, necesarios (electricidad, agua, etc)	x	

EN RELACIÓN A LA SEGURIDAD		SI	NO
15	¿La máquina cuenta con un factor de seguridad?	x	
16	¿Está escrito?	x	
17	¿La máquina cuenta con protección electrica sobre el personal de operación?	x	
18	¿La máquina cuenta con una parada de emergencia por posible daño al personal?	x	
19	¿Existe protección sobre operaciones de montaje y desmontaje de la faja o componentes de esta?	x	
20	¿Existe protección de los operadores en el momento del mantenimiento	x	
21	¿La máquina cuenta con un factor de seguridad ambiental?		x
22	¿Lo conoce?		x

EN RELACIÓN A LA ESTRUCTURA DE LA FAJA LÍNEA 2		SI	NO
23	¿Conoce su capacidad?Conoce la capacidad de la faja?	x	
24	¿La máquina trabaja de acuerdo a las estipulaciones del fabricante?	x	
24.5	Si la resuesta anterior fue no, ¿Por qué cree que es así?		

PROTOCOLO DE TRABAJO Y CONTENCION		SI	NO
35	¿Existe un manual de operación de la faja?	x	
36	¿Está escrito y al alcance de los usuarios?	x	
37	¿El espacio de operación está fisicamente delimitado?	x	
38	¿Existe un protocolo para posibles incidentes provocados por la máquina?		x
39	¿Está escrito?		x
40	¿Existe un protocolo para posibles perdidas de energía de la faja (calor, electricidad, ruido, etc)		x

Nota: Coorporación Suya, (2017).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Anexo 2

Cuestionario de preguntas abiertas

- **¿Cómo se llama el equipo, tiene algún modelo?**

Es la faja 021116. Descripción técnica: faja de 30 pulgas de ancho, tensión ST1250, 55 cables, cover de carga 7 milímetros, cover de retorno 4 milímetros, longitud de 1647 pies. (30” ST12500 x 55Cables x 7x7mm).

- **¿Cómo está conformado el equipo? (Descripción)**

Está conformado por: faja de cable tensado, limpiadores, mandiles, polines de carga, polines de retorno, polines guiadores, bases autolineantes, polea motriz, polea de cola, polea dobladora, polea de contrapeso, contrapeso, polea tensora de cola, polea tensora motriz, reductor, acoplamiento de fuerza, acoplamiento de velocidad, motor.

- **¿Cuál es su capacidad de carga y a qué velocidad va?**

Tiene una capacidad de 1800 Ton/hr – 2000 Ton/hr durante 20hr diarias. A una velocidad de 6m/s.

- **¿Cómo funciona? (Proceso de Trabajo)**

El mineral que viene de la mina, se deposita en un stock de crudos y mediante unas fajas que van por un túnel, llegando a unos chutes que se apertura hidráulicamente, cae el mineral a la faja y esta área que es la 111, descarga a la 113 y finalmente en la 116. Este proceso tiene comienzo cuando el operador primero revisa la faja, los chutes, la polea, el acoplamiento, los polines. Después, coordina para verificar si esta energizado el equipo, si no tiene candado en la subestación o está libre. Después da un pre aviso por altavoces y da un pique por dos segundos para que la faja se pueda moverse y si hay alguien en ella pueda tener tiempo de salir, pasado 5 segundos verifica sus parámetros de operación, a través del amperaje, luego lo alimentan y arrancan la faja, seguidamente los alimentadores para arrancar la otra faja y procede con el transporte del mineral.

- **¿Puede describir el proceso de mantenimiento, montaje y desmontaje?**

Comienza con una inspección visual, para verificar que no existan cortes producidos por la caída del mineral. Se continua a evaluar si se puede reparar y debe hacerse un empalme para solucionarlo o si está totalmente dañada en toda su longitud, se procederá al cambio, donde será necesario traslada un rollo de faja que pesa aproximadamente 15 toneladas. Para hacer el cambio de faja, se une mediante unas grampas metálicas la faja dañada o desgastada con la faja nueva y con la ayuda de una tractor oruga se procede al jalado por ser una faja

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

larga, dicha maniobra no se realiza en otras fajas ya que no son tan largas como esta. Una vez cambiado en su totalidad la faja, se procede a hacer el empalme vulcanizado.

- **¿Cada cuánto tiempo es el mantenimiento?**

Es mensual, programado por el área de planificación, en esa parada mensual se inspecciona el estado del desgaste de la cubierta de carga.

- **¿Hay fallas o paradas, antes del mantenimiento programado?**

Si, suelen haber paradas por desgaste de un componente que no se llevó bien su control o corte en faja.

- **¿Cuál es la falla más común, por qué ocurre esta falla?**

La falla más común, son los cortes en la faja, que ocurren por la caída de mineral, porque falta completar el mantenimiento de los chutes, a veces el proceso de chancado no es uniforme y llega mineral más grande o forma de laja, también suelen a ver polines trancados y eso daña severamente la faja.

- **¿Cuál es la pieza del equipo que más falla?**

Lo que más falla o requiere cambios por desgaste prematuro son los polines. También por no llevar un buen control de tiempo de vida de cambio de cada polín, ya que solo se cambia cuando esta perforado.

- **¿Cuenta con un sistema de encendido y apagado y parado de emergencia?**

Si, tiene dos botones, uno de arranque y otro de parada. Para emergencias, cuenta con cables de seguridad, que consta de un cable que está en serie con las botoneras. Si tú jalas el cable, se para la faja.

- **¿Se utiliza algún manual?**

Si, el manual del Cema.

- **¿Cómo saben la forma de operar, utilizan alguna fórmula?**

La empresa al tener más de 40 años, tuvo que en principio usar el manual del Cema para hacer los cálculos e instalaciones correspondientes, con el pasar de los años al abrir nuevas zonas, solo se replicó el proceso ya que hasta la fecha sigue funcionando correctamente.

- **¿Tiene alguna observación respecto al equipo?**

Trabaja desalineado, la manera en la que corre la faja en el lado derecho.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

¿Cuándo se detiene el equipo por mantenimiento programado o falla, ¿cuánto es lo que se pierde en producción?

8 horas de parada por mantenimiento, cuando es por falla no lo calculamos ya que es difícil saber cuánto tiempo tomará.

- **¿Hay alguna forma que evidencie que ocurrió una falla o solo hasta que deje de funcionar el equipo?**

Si es una falla en el empalme, se forma unas ondas y a simple vista deja evidenciar o cuando se corta, suele dejar lajas que van sonando por los polines, hasta que el operador se dé cuenta y de aviso. Existen sistemas de aviso, como sensores que están instalados y avisan cuando hay algún tipo de corte.

- **¿En qué forma, las fallas podrían ser un riesgo para la seguridad o el medio ambiente?**

Si, pero está controlado, porque para las personas existen guardas que no dejan pasar más allá de cuando está en funcionamiento. Para el medio ambiente, en toda la longitud de la faja tiene cobertores que fueron diseñados en forma de "L" según la posición en la que corre el viento, para de esta manera mitigar el polvo del mineral.

- **¿Cómo se llama el lugar donde se hace el estudio?**

Complejo Metalúrgico San Nicolas de la empresa Shougang Hierro Perú.

- **¿Cómo se llama el área donde se encuentra el equipo?**

Planta de Chancado San Nicolas, línea dos. Zona Nueva.

- **¿El recorrido de la faja, se mantiene en el área o por donde cruza?**

Solo dentro del área.

- **¿Dónde empieza y dónde termina?**

Empieza paralelo al stock de crudos de chancado y finaliza en las chancadoras terciarias.

- **¿Quién es el responsable del área?**

El Super intendente de operaciones.

- **¿Quién es el responsable de la máquina?**

El operador.

- **¿Quién opera la máquina, es el mismo que da mantenimiento?**

No, solo operan y otra área da mantenimiento.

- **¿Cuál sería el problema a resolver, para ser más eficientes?**

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Que el operador pueda ser autónomo en los temas de mantenimiento. Porque llaman cuando la faja ya se cayó o no llega el check list diario o semanal donde se informe que se presenta un corte o líneas en la faja.

Que se involucren más áreas en conjunto y no separado, por ejemplo: que el área de operaciones cuando vea que el tamaño de las piedras es más grande de lo normal lo avisen, para que no causen daños a la faja.

En la parte mecánica informar cuando los mandiles están muy ajustados y por eso se da el desgaste del caucho de carga, los polines están trancados y no se cambió preventivamente y eso desgasto la faja. No instalar limpiadores y hubo retorno de mineral y eso hace que se haga un hueco a la faja en la polea.

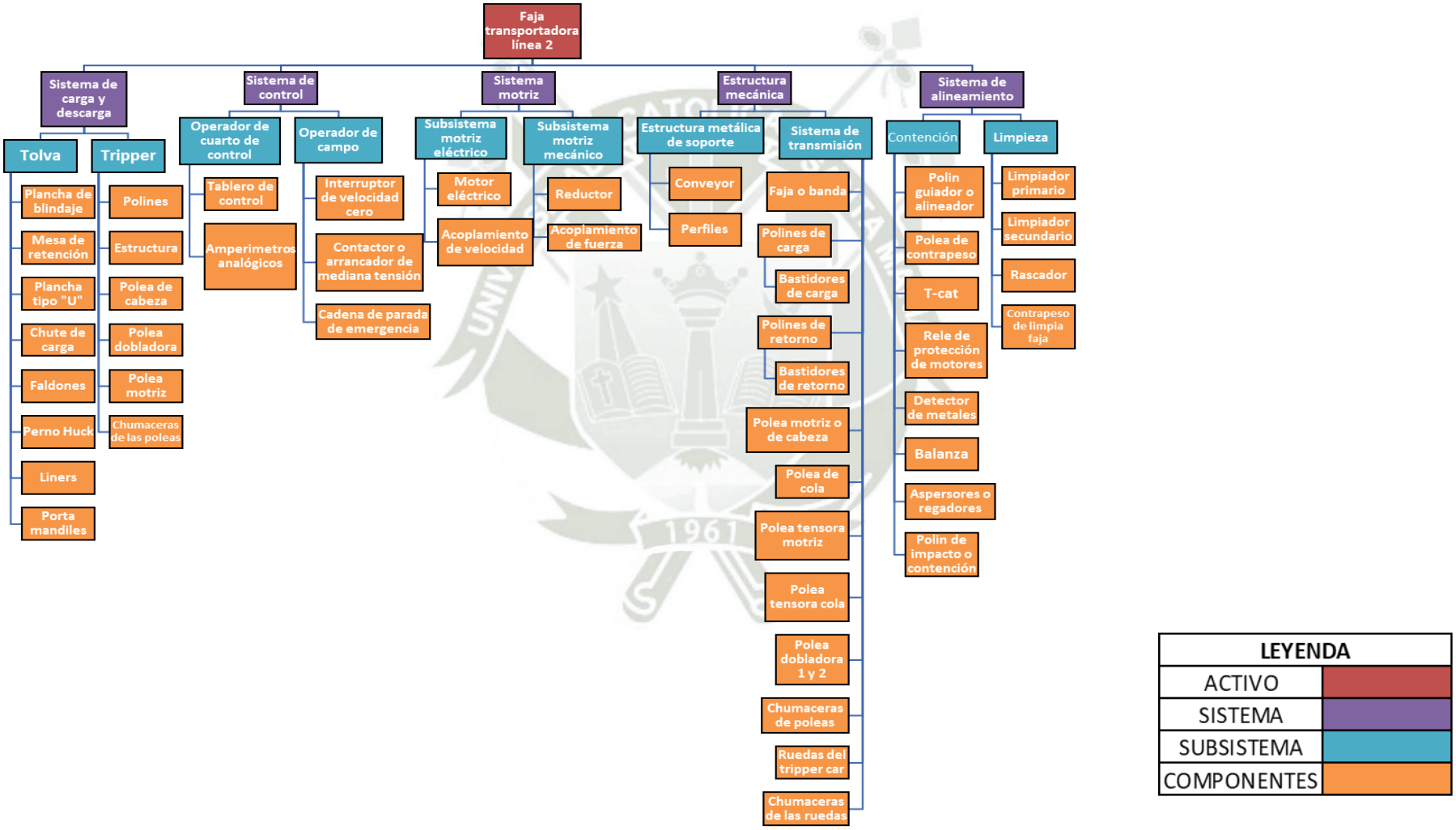
En un tema mecánico, los desalineamientos visuales informados.

Mayor comunicación y conocimiento por parte de los operadores.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

Anexo 3

Taxonomía de la faja línea 2



LEYENDA	
ACTIVO	
SISTEMA	
SUBSISTEMA	
COMPONENTES	

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Anexo 4

Análisis de funciones y fallas

1. FALLA EN SISTEMA DE CARGA Y DESCARGA

Shougang Hierro Perú. S.A.A Planeamiento y Programación de Mantenimiento		FALLA EN SISTEMA DE CARGA Y DESCARGA				
		NOMBRE:	ING. JORGE ETCHEBARNE DURAND			
		AÑO:	2024			
Falla funcional	Modo de fallo			Causalidad	Causa raíz	Error humano
Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5	Nivel 6	Nivel 7
Falla en sistema de carga y descarga	Falla en tolva	Falla en plancha de blindaje	Desplazamiento de los platos del feder	Mal ajuste de las planchas	Tuerca ajustada incorrectamente	Error de montaje
					Tuerca de material incorrecto	Material mal especificado
			Zocalos mal colocados	Mal ajuste de zocalos	Tuerca ajustada incorrectamente	Error de montaje
						Material mal especificado
			Platos mal soldados	Mal soldadura de las planchas	Mal cordón de soldadura	Error de montaje
					Mala selección de materiales	Error de diseño
						Material mal especificado
		Falla en mesa de retención	Desprendimiento por golpe de mineral	Planchas mal soldadas	Mala penetración de la soldadura	Error de montaje
		Falla en plancha tipo "U"	Desprendimiento por golpe de mineral	Planchas mal soldadas	Mala penetración de la soldadura	Error de montaje
		Falla en chute de carga	Desprendimiento o desgaste de las planchas o platinas de retención	Ruptura de faja	Desgaste por fricción de la caída del mineral	Mal soldeo de platinas o planchas
				Atoro en el chute		Mal ajuste de planchas o blindajes
		Falla en faldones	Derrame	Desgaste prematuro	Uso excesivo	Error de operador
		Falla en pernos huck	Desgaste de la cabeza de perno	Desprendimiento de la plancha	Desgaste por fricción de la caída del mineral	Mal ajuste de pernos a las planchas
		Falla en liners	Mala calidad de la plancha	Desprendimiento de la plancha	Desgaste por fricción de la caída del mineral	Mal ajuste de pernos a las planchas
				Atoro en el chute		
		Falla en porta	Desgaste del porta mandil	Derrame del mineral	Tiempo de uso	Mal montaje por parte del mecánico
	Falla en el tripper car	Falla en polines	Ruptura de faja	Tiempo de uso	Desgaste por fricción con la faja	Mala instalaiación por parte del mecánico
			Desalineamiento de la faja			Falta de supervisón al desgaste del componente
		Falla en estructura	Desmasiada presencia de polución	Deformación en la estructura o deterioro	Corrosión por el medio o área geográfica	Mal diseño
		Falla en polea de	Desgaste del forro	Ruptura de faja	Fricción con la faja	Mal ensamble por parte del mecánico
			Desgaste en el eje	Atoro en el chute	Tiempo de uso	
		Falla en polea dobladora	Desgaste del forro	Ruptura de faja	Fricción con la faja	Mal ensamble por parte del mecánico
			Desgaste en el eje	Atoro en el chute	Tiempo de uso	
		Falla en polea motriz	Desgaste del forro	Ruptura de faja	Fricción con la faja	Mal ensamble por parte del mecánico
			Desgaste en el eje	Atoro en el chute	Tiempo de uso	
		Falla en chumaceras de las 03 poleas	Ruptura de la tapa de la chumacera	Alta vibración	Tiempo de uso	Mal montaje o falta de ajuste por parte del mecánico
			Desgaste del eje de la polea	Por fricción en el movimiento		

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2. FALLA EN SISTEMA DE CONTROL

Shougang Hierro Perú. S.A.A Planeamiento y Programación de Mantenimiento	FALLA EN SISTEMA DE CONTROL					
	NOMBRE:	ING. JORGE ETCHEBARNE DURAND				
	AÑO:	2024				
Falla funcional	Modo de fallo			Causalidad	Causa raíz	Error humano
Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5	Nivel 6	Nivel 7
Falla en sistema de control	Falla en operador de cuarto de control	Falla en tablero de control	Sobrecarga	Mala calibración de balanza	Mal control de la información	Error de instrumentista
		Falla en botoneras de arranque y parada	No acciona como se le ordena	Los botones se quedan pegados	Problema eléctrico	Mantenimiento mal suministrado
		Falla en amperimetros analógicos	Aumento o disminución debido al amperaje	Reportar mal la señal	Problema eléctrico	Error de supervisión
	Falla en operador de campo	Falla en botoneras de arranque y parada	No acciona como se le ordena	Los botones se quedan pegados	Problema eléctrico	Mantenimiento mal suministrado
		Falla en el interruptor de velocidad cero o breaker	No acciona como se le ordena	Los botones se quedan pegados	Problema eléctrico	Mantenimiento mal suministrado
		Falla en el contactor o arrancador de mediana tension	No acciona como se le ordena	Los botones se quedan pegados	Problema eléctrico	Mantenimiento mal suministrado
		Falla de cadena de parada de emergencia	No acciona como se le ordena	La cadena se queda trabada	Problema eléctrico	Mantenimiento mal suministrado Error de supervisión

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3. FALLA EN SISTEMA MOTRIZ

Shougang Hierro Perú. S.A.A Planeamiento y Programación de Mantenimiento	FALLA EN SISTEMA MOTRIZ	
	NOMBRE:	ING. JORGE ETCHEBARNE DURAND
	AÑO:	2024

Falla funcional	Modo de fallo			Causalidad	Causa raíz	Error humano
Nivel 1	**Nivel 2**	**Nivel 3**	**Nivel 4**	**Nivel 5**	**Nivel 6**	**Nivel 7**
Falla en sistema motriz	Falla en sistema motriz eléctrico	Falla en motor eléctrico	Problema de rodamiento del motor	Fricción entre los rodamientos, por perdida de viscosidad en el lubricante	Tiempo de uso	Falta de mantenimiento programado
				Alta vibración del rotor y dañe los rodamientos	Rotor descentrado	Mala instalación o montaje
			Ventilador	No refrigera adecuadamente	Ruptura de la malla de protección de la parte trasera	Error de supervisión
						Falta de mantenimiento programado
		Falla en acoplamiento de velocidad	Coupling en mal estado	Perdida de viscosidad del aceite	No tener en buen estado los retenes	Falta de mantenimiento programado
			Ruptura de diente en engranaje	Dientes desgastados	Tiempo de uso	Error de supervisión
	Falla en sistema motriz mecánico	Falla en el reductor	Calentamiento en el reductor	Perdida de viscosidad del aceite	Tiempo de uso	Falta de mantenimiento programado
			Filtro obstruido	No deja salir gases impuros	Tiempo de uso	Falta de mantenimiento programado
		Falla en el acoplamiento de fuerza	Coupling en mal estado	Perdida de viscosidad del aceite	No tener en buen estado los retenes	Falta de mantenimiento programado
			Ruptura de diente en engranaje	Dientes desgastados	Tiempo de uso	Error de supervisión

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4. FALLA EN ESTRUCTURA MECÁNICA

Shougang Hierro Perú. S.A.A Planeamiento y Programación de Mantenimiento	FALLA EN ESTRUCTURA MECÁNICA					
	NOMBRE:	ING. JORGE ETCHEBARNE DURAND				
	AÑO:	2024				
Falla funcional	Modo de fallo			Causalidad	Causa raíz	Error humano
Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5	Nivel 6	Nivel 7
Falla en estructura mecánica	Falla en estructura metálica de soporte	Falla en conveyor	Movimiento sismico de gran magnitud	Deformación de los perfiles estructurales	Esfuerzos de deformación plástica	Error de diseño
			Accidente con condición de impacto	Deformación de los perfiles estructurales	Deformación plástica por impacto	Error de operación
			Corrosión	Ruptura en la pelicula de protección	Ambiente corrosivo	Error de supervisión
	Falla en sistema de transmisón	Falla en faja o banda	Corte en faja	Ruptura de la faja	Caída de mineral más grande de lo permitido	Error de supervisión
				Desprendimiento de plancha o blindaje	Mala unión de soldadura	Error de montaje
			Ruptura de faja	Desgaste de la faja	Tensión de la faja	Error de diseño
			Desprendimiento de polin		Tiempo de uso	Falta de mantenimiento preventivo
			Faja desviada	Desalineamiento de la faja	Error operativo	Error de supervisión
		Falla en polines de carga	Polines desgastados	Fricción por alta temperatura	Tiempo de uso	Falta de mantenimiento preventivo
				Mala calidad de polin	Error de montaje	Error de diseño
		Falla en bastidores de carga	Polines desgastados	Fricción por alta temperatura	Tiempo de uso	Falta de mantenimiento preventivo
				Mala calidad de polin	Error de montaje	Error de diseño
		Falla en polines de retorno	Polines desgastados	Fricción por alta temperatura	Tiempo de uso	Falta de mantenimiento preventivo
				Mala calidad de polin	Error de montaje	Error de diseño
		Falla en bastidores de retorno	Polines desgastados	Fricción por alta temperatura	Tiempo de uso	Falta de mantenimiento preventivo
				Mala calidad de polin	Error de montaje	Error de diseño
		Falla en polea motriz o polea de cabeza	Fisura de los rodamientos	Friccióndе los rodamientos	Error de montaje	Error de diseño
			Ruptura de acoplamiento	Peine mal colocado	Error de montaje	Error de mecánico
			Desprendimiento del jebe de la polea	Desgaste prematuro	Tiempo de uso	Falta de mantenimiento preventivo

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5. FALLA EN SISTEMA DE ALINEAMIENTO

Shougang Hierro Perú. S.A.A Planeamiento y Programación de Mantenimiento	FALLA EN ESTRUCTURA MECÁNICA	
	NOMBRE:	ING. JORGE ETCHEBARNE DURAND
	AÑO:	2024

Falla funcional	Modo de fallo			Causalidad	Causa raíz	Error humano
Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5	Nivel 6	Nivel 7
Falla en estructura mecánica	Falla en sistema de transmisón	Falla en polea de cola	Ruptura de eje	Fatiga mecánica	Sobrecarga	Error de diseño
			Fisura de los rodamientos	Fricción de los rodamietos	Error de montaje	Error de mecánico
			Ruptura de acoplamiento	Peine mal colocado	Desalineamiento	Error de mecánico
			Desprendimiento del jebe de la polea	Desgaste prematuro	Tiempo de uso	Falta de mantenimiento preventivo
		Falla en polea tensora motriz	Ruptura de eje	Fatiga mecánica	Sobrecarga	Error de diseño
			Fisura de los rodamientos	Fricción de los rodamietos	Error de montaje	Error de mecánico
			Ruptura de acoplamiento	Peine mal colocado	Desalineamiento	Error de mecánico
			Desprendimiento del jebe de la polea	Desgaste prematuro	Tiempo de uso	Falta de mantenimiento preventivo
		Falla en polea tensora cola	Ruptura de eje	Fatiga mecánica	Sobrecarga	Error de diseño
			Fisura de los rodamientos	Fricción de los rodamietos	Error de montaje	Error de mecánico
			Ruptura de acoplamiento	Peine mal colocado	Desalineamiento	Error de mecánico
			Desprendimiento del jebe de la polea	Desgaste prematuro	Tiempo de uso	Falta de mantenimiento preventivo
		Falla en polea dobladora 1 y 2	Ruptura de eje	Fatiga mecánica	Sobrecarga	Error de diseño
			Fisura de los rodamientos	Fricción de los rodamietos	Error de montaje	Error de mecánico
			Ruptura de acoplamiento	Peine mal colocado	Desalineamiento	Error de mecánico
			Desprendimiento del jebe de la polea	Desgaste prematuro	Tiempo de uso	Falta de mantenimiento preventivo
		Falla en chumaceras de polea	Ruptura de la tapa de la chumacera	Alta vibración	Tiempo de uso	Mal montaje o falta de ajuste por parte del mecánico
			Desgaste del eje de la polea	Por fricción en el movimiento		
		Falla en ruedas guia del tripper car	Desgaste de rodamiento	Descarrilamiento del equipo	Fricción por tiempo de uso	Error de mecánico
			Desgaste de la rueda			
		Falla en chumaceras de las ruedas	Ruptura de la tapa de la chumacera	Alta vibración	Tiempo de uso	Mal montaje o falta de ajuste por parte del mecánico
			Desgaste del eje de la polea	Por fricción en el movimiento		

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Shougang Hierro Perú. S.A.A
Planeamiento y Programación de Mantenimiento

FALLA EN SISTEMA DE ALINEAMIENTO

NOMBRE: ING. JORGE ETCHEBARNE DURAND

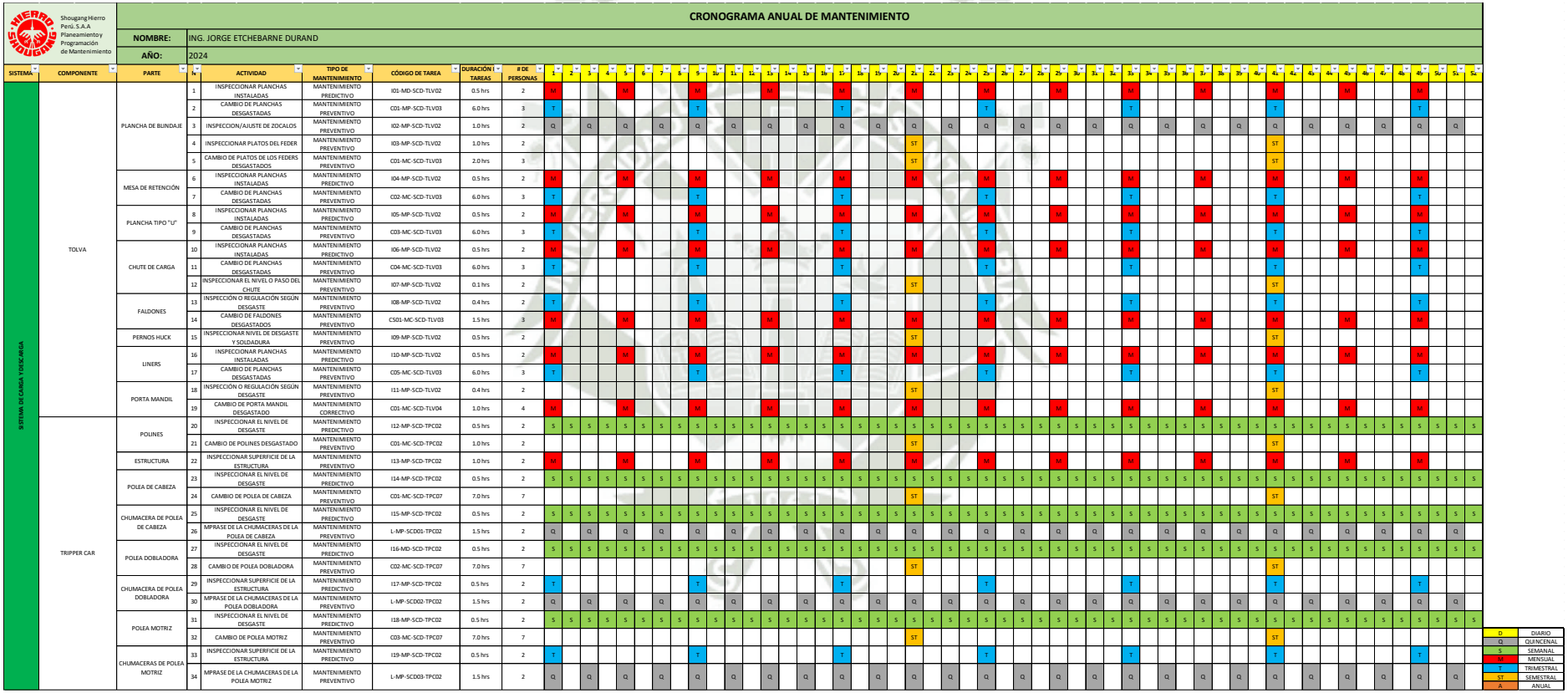
AÑO: 2024

Falla funcional	Modo de fallo			Causalidad	Causa raíz	Error humano
Nivel 1	**Nivel 2**	**Nivel 3**	**Nivel 4**	**Nivel 5**	**Nivel 6**	**Nivel 7**
Falla en sistema de alineamiento	Falla en sistema de contención	Falla en polin guiador o alineador	Desgaste de rodillos	Desgaste prematuro	Tiempo de uso	Falta de mantenimiento preventivo
			Desprendimiento	Mal ensamble	Error de montaje	Error mecánico
		Falla en polea de contrapeso	Desalineamiento de guia	Error de ensamble	Error de montaje	Error mecánico
			Ruptura de tensión	Fatiga mecánica	Sobrecarga	Error de analista
		Falla en T-Cat	Esparragos en mal estado	Mal ensamble	Error de montaje	Error mecánico
				Mala calidad de esparragos	Mala compra	Error de diseño
			Deterioro de rodamientos	Desgaste prematuro	Tiempo de uso	Falta de mantenimiento preventivo
		Falla en rele de protección de motores	Sobrecarga	Mala elección del relay	Mala compra	Error eléctrico
			Recalentamiento del relay	Parada intempestiva	Cortocircuito	Error de operador
		Falla en detector de metales	Mala regulación de elementos	Mala calibración	Error de diseño	Error de instrumentista
		Falla en balanza	Mala regulación de elementos	Mala calibración	Error de diseño	Error de instrumentista
		Falla en aspersores o regadores	Deformación del elemento	Oxidación o deterioro de la estructura	Ambiente corrosivo	Error de supervisión
						Falta de mantenimiento preventivo
		Falla en polin de impacto o contención	Desgaste del polin	Ruptura de faja o atracamiento del polin	Falta de lubricación	Mal planeamiento de mantenimieno
					Tiempo de uso	Falta de mantt. Preventivo
	Falla en sistema de limpieza	Falla en el limpiador primario y secundario	Derrame	Caida de polusión	Mala regulación	Error de instrumentista
		Falla en el rascador	Desgaste de hoja		Uso excesivo	Error mecánico
		Falla en contrapeso de limpia faja	Deformación del elemento	Oxidación o deterioro de la estructura	Ambiente corrosivo	Error de supervisión
						Falta de mantenimiento preventivo

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

Anexo 5

Propuesta anual de mantenimiento sistema de carga y descarga



Shougang Hierro Perú. S.A.A
Planeamiento y Programación de Mantenimiento

CRONOGRAMA ANUAL DE MANTENIMIENTO

NOMBRE: ING. JORGE ETCHEBARNE DURAND

AÑO: 2024

SISTEMA	COMPONENTE	PARTE	N°	ACTIVIDAD	TIPO DE MANTENIMIENTO	CÓDIGO DE TAREA	DURACIÓN DE TAREAS	# DE PERSONAS
SISTEMA DE CARGA Y DESCARGA	TOLVA	PLANCHA DE BLINDAJE	1	INSPECCIONAR PLANCHAS INSTALADAS	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	I01-MD-SCD-TLV02	0.5 hrs	2
			2	CAMBIO DE PLANCHAS DESGASTADAS	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	C01-MP-SCD-TLV03	6.0 hrs	3
			3	INSPECCION/AJUSTE DE ZOCALOS	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	I02-MP-SCD-TLV02	1.0 hrs	2
			4	INSPECCIONAR PLATOS DEL FEDER	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	I03-MP-SCD-TLV02	1.0 hrs	2
			5	CAMBIO DE PLATOS DE LOS FEDERS DESGASTADOS	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	C01-MC-SCD-TLV03	2.0 hrs	3
		MESA DE RETENCIÓN	6	INSPECCIONAR PLANCHAS INSTALADAS	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	I04-MP-SCD-TLV02	0.5 hrs	2
			7	CAMBIO DE PLANCHAS DESGASTADAS	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	C02-MC-SCD-TLV03	6.0 hrs	3
		PLANCHA TIPO "U"	8	INSPECCIONAR PLANCHAS INSTALADAS	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	I05-MP-SCD-TLV02	0.5 hrs	2
			9	CAMBIO DE PLANCHAS DESGASTADAS	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	C03-MC-SCD-TLV03	6.0 hrs	3
		CHUTE DE CARGA	10	INSPECCIONAR PLANCHAS INSTALADAS	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	I06-MP-SCD-TLV02	0.5 hrs	2
			11	CAMBIO DE PLANCHAS DESGASTADAS	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	C04-MC-SCD-TLV03	6.0 hrs	3
			12	INSPECCIONAR EL NIVEL O PASO DEL CHUTE	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	I07-MP-SCD-TLV02	0.1 hrs	2
		FALDONES	13	INSPECCIÓN O REGULACIÓN SEGÚN DESGASTE	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	I08-MP-SCD-TLV02	0.4 hrs	2
			14	CAMBIO DE FALDONES DESGASTADOS	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	CS01-MC-SCD-TLV03	1.5 hrs	3
		PERNOS HUCK	15	INSPECCIONAR NIVEL DE DESGASTE Y SOLDADURA	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	I09-MP-SCD-TLV02	0.5 hrs	2
		LINERS	16	INSPECCIONAR PLANCHAS INSTALADAS	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	I10-MP-SCD-TLV02	0.5 hrs	2
			17	CAMBIO DE PLANCHAS DESGASTADAS	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	C05-MC-SCD-TLV03	6.0 hrs	3
		PORTA MANDIL	18	INSPECCIÓN O REGULACIÓN SEGÚN DESGASTE	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	I11-MP-SCD-TLV02	0.4 hrs	2
			19	CAMBIO DE PORTA MANDIL DESGASTADO	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	C01-MC-SCD-TLV04	1.0 hrs	4
	TRIPPER CAR	POLINES	20	INSPECCIONAR EL NIVEL DE DESGASTE	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	I12-MP-SCD-TPC02	0.5 hrs	2
			21	CAMBIO DE POLINES DESGASTADO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	C01-MC-SCD-TPC02	1.0 hrs	2
		ESTRUCTURA	22	INSPECCIONAR SUPERFICIE DE LA ESTRUCTURA	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	I13-MP-SCD-TPC02	1.0 hrs	2
		POLEA DE CABEZA	23	INSPECCIONAR EL NIVEL DE DESGASTE	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	I14-MP-SCD-TPC02	0.5 hrs	2
			24	CAMBIO DE POLEA DE CABEZA	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	C01-MC-SCD-TPC07	7.0 hrs	7
		CHUMACERA DE POLEA DE CABEZA	25	INSPECCIONAR EL NIVEL DE DESGASTE	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	I15-MP-SCD-TPC02	0.5 hrs	2
			26	MPRASE DE LA CHUMACERAS DE LA POLEA DE CABEZA	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	L-MP-SCD01-TPC02	1.5 hrs	2
		POLEA DOBLADORA	27	INSPECCIONAR EL NIVEL DE DESGASTE	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	I16-MD-SCD-TPC02	0.5 hrs	2
			28	CAMBIO DE POLEA DOBLADORA	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	C02-MC-SCD-TPC07	7.0 hrs	7
		CHUMACERA DE POLEA DOBLADORA	29	INSPECCIONAR SUPERFICIE DE LA ESTRUCTURA	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	I17-MP-SCD-TPC02	0.5 hrs	2
			30	MPRASE DE LA CHUMACERAS DE LA POLEA DOBLADORA	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	L-MP-SCD02-TPC02	1.5 hrs	2
		POLEA MOTRIZ	31	INSPECCIONAR EL NIVEL DE DESGASTE	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	I18-MP-SCD-TPC02	0.5 hrs	2
			32	CAMBIO DE POLEA MOTRIZ	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	C03-MC-SCD-TPC07	7.0 hrs	7
		CHUMACERAS DE POLEA MOTRIZ	33	INSPECCIONAR SUPERFICIE DE LA ESTRUCTURA	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	I19-MP-SCD-TPC02	0.5 hrs	2
			34	MPRASE DE LA CHUMACERAS DE LA POLEA MOTRIZ	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	L-MP-SCD03-TPC02	1.5 hrs	2

D	DIARIO
Q	QUINCENAL
S	SEMANAL
M	MENSUAL
T	TRIMESTRAL
ST	SEMESTRAL
A	ANUAL

PROPUESTA ANUAL DE MANTENIMIENTO SISTEMA DE CONTROL Y SISTEMA MOTRIZ

Shougang Hierro Perú. S.A.A
Planeamiento y Programación de Mantenimiento

CRONOGRAMA ANUAL DE MANTENIMIENTO

NOMBRE: ING. JORGE ETCHEBARNE DURAND

AÑO: 2024

SISTEMA	COMPONENTE	PARTE	N°	ACTIVIDAD	TIPO DE MANTENIMIENTO	CÓDIGO DE TAREA	DURACIÓN / TAREAS	# DE PERSONAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
SISTEMA DE CONTROL	OPERADOR DE CUARTO DE CONTROL	TABLERO DE CONTROL	35	INSPECCIONAR FUNCIONAMIENTO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	I20-MP-SC-OCC02	0.1 hrs	2	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
		BOTONERAS DE ARRANQUE Y PARADA	36	INSPECCIONAR FUNCIONAMIENTO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	I21-MP-SC-OCC02	0.1 hrs	2	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
		AMPERÍMETROS ANALÓGICOS	37	INSPECCIONAR FUNCIONAMIENTO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	I22-MP-SC-OCC02	0.1 hrs	2	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
	OPERADOR DE CAMPO	BOTONERAS DE ARRANQUE Y PARADA	38	INSPECCIONAR FUNCIONAMIENTO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	I23-MP-SC-ODC02	0.1 hrs	2	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
		INTERRUPTOR DE VELOCIDAD CERO O BREAKER	39	INSPECCIONAR FUNCIONAMIENTO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	I24-MP-SC-ODC02	0.1 hrs	2	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
		CONTACTOR O ARRANCADOR DE MEDIANA TENSION	40	INSPECCIONAR FUNCIONAMIENTO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	I25-MP-SC-ODC02	0.1 hrs	2	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
		CADENA DE PARADA DE EMERGENCIA	41	INSPECCIONAR FUNCIONAMIENTO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	I26-MP-SC-ODC02	0.1 hrs	2	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
SISTEMA MOTRIZ	SISTEMA MOTRIZ ELÉCTRICO	MOTOR ELÉCTRICO	42	INSPECCIONAR FUNCIONAMIENTO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	I27-MP-SM-SME02	0.1 hrs	2	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
			43	INSPECCIONAR NIVEL DE ACEITE	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	I28-MP-SM-SME02	0.1 hrs	2	Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q	
			44	INSPECCIONAR SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	I29-MP-SM-SME02	0.1 hrs	2	Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q	
			45	PRUEBAS AL VACIO	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	PBE01AV-MD-SME-ME06	8.0 hrs	6																			ST																								ST																		
			47	MEGADO	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	PBE03MG-MD-SME-ME02	2.0 hrs	2	Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q	
			48	REBOBINADO	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	PBE04RB-MC-SME-ME04	24 hrs	4																									A																																				
		ACOPLAMIENTO DE VELOCIDAD	49	INSPECCIONAR FUNCIONAMIENTO	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	I30-MD-SM-SME02	0.5 hrs	2	M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M			
			50	CAMBIO DE ACEITE DEL ACOPLAMIENTO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	L-MP-SM01-SME02	1.5 hrs	2																			ST																								ST																		
	SISTEMA MOTRIZ MECÁNICO	REDUCTOR	51	INSPECCIONAR TEMPERATURA DEL REDUCTOR	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	I31-MD-SM-SMM02	0.1 hrs	2	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
			52	CAMBIO DE ACEITE DEL REDUCTOR	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	L-MP-SM02-SMM02	1.5 hrs	2	T						T								T								T								T								T								T							
			53	MPRASE DEL REDUCTOR	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	L-MP-SM04-SMM02	1.5 hrs	2	M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M			
			54	INSPECCIONAR LOS FILTROS	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	I32-MP-SM-SMM02	0.5 hrs	2	M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M			
		ACOPLAMIENTO DE FUERZA	55	INSPECCIONAR FUNCIONAMIENTO	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	I33-MP-SM-SMM02	0.5 hrs	2	M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M			
			56	CAMBIO DE ACEITE DEL ACOPLAMIENTO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	L-MP-SM03-SMM02	1.5 hrs	2																			ST																								ST																		

D	DIARIO
Q	QUINCENAL
S	SEMANAL
M	MENSUAL
T	TRIMESTRAL
ST	SEMESTRAL
A	ANUAL

PROPUESTA ANUAL DE MANTENIMIENTO ESTRUCTURA MECÁNICA

Shougang Hierro Perú. S.A.A
Planeamiento y Programación de Mantenimiento

CRONOGRAMA ANUAL DE MANTENIMIENTO

NOMBRE: ING. JORGE ETCHEBARNE DURAND

AÑO: 2024

ESTRUCTURA MECÁNICA	ESTRUCTURA METÁLICA DE SOPORTE	CONVEYOR	57	INSPECCIONAR SUPERFICIE DE LA ESTRUCTURA	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	I34-MP-EM-EMS02	0.5 hrs	2	M	
	SISTEMA DE TRANSMISIÓN	FAJA O BANDA TRANSPORTADORA	58	INSPECCIONAR DESGASTE Y ALINEAMIENTO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	I35-MP-EM-SDT02	0.1 hrs	2	D
			59	TRABAJOS DE MANTENIMIENTO EN CALIENTE	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	TFC01-MC-EM-SDT04	12 hrs	4	
			60	TRABAJOS DE MANTENIMIENTO EN FRIO	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	TFF02-MC-EM-SDT02	0.5 hrs	2	
		POLINES DE CARGA	61	INSPECCIONAR EL NIVEL DE DESGASTE	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	I36-MP-EM-SDT02	3.0 hrs	2	S
			62	INSPECCIONAR ALINEAMIENTO DE POLINES	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	I37-MP-EM-SDT02	0.5 hrs	2	S
			63	CAMBIO DE POLINES DE CARGA	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	C02-MC-EM-SDT02	1.0 hrs	2	T
		BASTIDORES DE CARGA	64	INSPECCIONAR SUPERFICIE DE LA ESTRUCTURA	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	I38-MP-EM-SDT02	0.5 hrs	2	M
		POLINES DE RETORNO	65	INSPECCIONAR EL NIVEL DE DESGASTE	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	I39-MP-EM-SDT02	0.5 hrs	2	S
			66	INSPECCIONAR ALINEAMIENTO DE POLINES	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	I40-MP-EM-SDT02	0.5 hrs	2	S
			67	CAMBIO DE POLINES DE RETORNO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	C03-MC-EM-SDT02	1.0 hrs	2	T
		BASTIDORES DE RETORNO	68	INSPECCIONAR SUPERFICIE DE LA ESTRUCTURA	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	I41-MP-EM-SDT02	0.5 hrs	2	M
		POLEA MOTRIZ O POLEA DE CABEZA	69	INSPECCIONAR EL NIVEL DE DESGASTE	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	I42-MP-EM-SDT02	0.5 hrs	2	S
			70	CAMBIO DE POLEA DE CABEZA	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	C04-MC-EM-SDT07	7.0 hrs	7	
		CHUMACERA DE POLEA DE CABEZA	71	INSPECCIONAR SUPERFICIE DE LA ESTRUCTURA	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	I43-MP-EM-SDT02	0.5 hrs	2	T
			72	MPRASE DE LA CHUMACERAS DE LA POLEA DE CABEZA	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	L-MP-EM05-SDT02	1.5 hrs	2	Q
		POLEA DE COLA	73	INSPECCIONAR EL NIVEL DE DESGASTE	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	I44-MP-EM-SDT02	0.5 hrs	2	S
			74	CAMBIO DE POLEA DE COLA	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	C05-MC-EM-SDT07	7.0 hrs	7	
		CHUMACERA DE POLEA DE COLA	75	INSPECCIONAR SUPERFICIE DE LA ESTRUCTURA	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	I45-MP-EM-SDT02	0.5 hrs	2	T
			76	MPRASE DE LA CHUMACERAS DE LA POLEA DE CABEZA	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	L-MP-EM06-SDT02	1.5 hrs	2	Q
		POLEA TENSORA MOTRIZ	77	INSPECCIONAR EL NIVEL DE DESGASTE	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	I46-MP-EM-SDT02	0.5 hrs	2	S
			78	CAMBIO DE POLEA TENSORA MOTRIZ	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	C06-MC-EM-SDT07	7.0 hrs	7	
		CHUMACERA DE POLEA TENSORA MOTRIZ	79	INSPECCIONAR SUPERFICIE DE LA ESTRUCTURA	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	I47-MP-EM-SDT02	0.5 hrs	2	T
			80	MPRASE DE LA CHUMACERAS DE LA POLEA TENSORA MOTRIZ	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	L-MP-EM07-SDT02	1.5 hrs	2	Q
		POLEA TENSORA COLA	81	INSPECCIONAR EL NIVEL DE DESGASTE	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	I48-MP-EM-SDT02	0.5 hrs	2	S
				CAMBIO DE POLEA TENSORA DE COLA	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	C07-MC-EM-SDT07	7.0 hrs	7	
		CHUMACERA DE POLEA TENSORA COLA	82	INSPECCIONAR SUPERFICIE DE LA ESTRUCTURA	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	I49-MP-EM-SDT02	0.5 hrs	2	T
			83	MPRASE DE LA CHUMACERAS DE LA POLEA TENSORA COLA	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	L-MP-EM08-SDT02	1.5 hrs	2	Q
		POLEA DOBLADORA 1	84	INSPECCIONAR EL NIVEL DE DESGASTE	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	I50-MP-EM-SDT02	0.5 hrs	2	S
			85	CAMBIO DE POLEA DOBLADORA 1	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	C08-MC-EM-SDT07	7.0 hrs	7	
		CHUMACERAS DE POLEA DOBLADORA 1	86	INSPECCIONAR SUPERFICIE DE LA ESTRUCTURA	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	I51-MP-EM-SDT02	0.5 hrs	2	T
			87	MPRASE DE LA CHUMACERAS DE LA POLEA DOBLADORA 1	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	L-MP-EM09-SDT02	1.5 hrs	2	Q
		POLEA DOBLADORA 2	88	INSPECCIONAR EL NIVEL DE DESGASTE	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	I52-MP-EM-SDT02	0.5 hrs	2	S
			89	CAMBIO DE POLEA DOBLADORA 2	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	C09-MC-EM-SDT07	7.0 hrs	7	
		CHUMACERAS DE POLEA DOBLADORA 2	90	INSPECCIONAR SUPERFICIE DE LA ESTRUCTURA	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	I53-MP-EM-SDT02	0.5 hrs	2	T
			91	MPRASE DE LA CHUMACERAS DE LA POLEA DOBLADORA 2	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	L-MP-EM10-SDT02	1.5 hrs	2	Q
		RUEDAS GUIA DEL TRIPPER CAR	92	MPRASE DE LAS RUEDAS DEL TRIPPER CAR	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	L-MP-SDA11-SDC02	1.5 hrs	2	Q

D	DIARIO
Q	QUINCENAL
S	SEMANAL
M	MENSUAL
T	TRIMESTRAL
ST	SEMESTRAL
A	ANUAL

PROPUESTA ANUAL DE MANTENIMIENTO SISTEMA DE ALINEAMIENTO

Shougang Hierro Perú. S.A.A
Planeamiento y Programación de Mantenimiento

CRONOGRAMA ANUAL DE MANTENIMIENTO

NOMBRE: ING. JORGE ETCHEBARNE DURAND

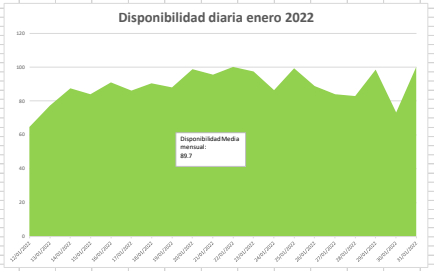
AÑO: 2024

SISTEMA DE ALINEAMIENTO	CONTENCIÓN	POLIN GUIADOR O ALINEADOR	93	INSPECCIONAR EL DESGASTE DE LOS RODILLOS	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	IS4-MP-SDA-SDC02	0.5 hrs	2	S S S

Anexo 6

Horas de parada de la faja de la línea 2 en enero del 2022

		1/01/2022	2/01/2022	3/01/2022	4/01/2022	5/01/2022	6/01/2022	7/01/2022	8/01/2022	9/01/2022	10/01/2022	11/01/2022	12/01/2022	13/01/2022	14/01/2022	15/01/2022	16/01/2022	17/01/2022	18/01/2022	19/01/2022	20/01/2022	21/01/2022	22/01/2022	23/01/2022	24/01/2022	25/01/2022	26/01/2022	27/01/2022	28/01/2022	29/01/2022	30/01/2022	31/01/2022	
Personal	Huelga	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	8.00																					224.00
	Falta de personal										16.00	24.00																				40.00
	Cambio de guardia												0.92	0.66	0.83	0.83	0.91	0.91		0.33	0.33	0.33		0.33	0.33	0.42				0.33	0.33	0.58	8.97
	Falta de personal												16.00																				16.00
	Charla de seguridad y revisión de equipos													2.16	1.17	0.67	1.67	2.25			1.66	0.67	1.25	1.08	2.00	0.58		0.67	1.92	1.50	2.17	2.08	23.50
	Personal pasando prueba de descarte																	1.42															1.42
	Queda operativa																	0.17															0.17
		24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	16.92	2.82	2.00	1.50	2.58	4.75	0.00	0.33	1.99	1.00	1.25	1.41	2.33	1.00	0.00	0.67	1.92	1.83	2.50	2.66	313.34
Operaciones	Detector de metal												0.26	1.76	1.38	0.73	0.54	1.05	0.31	1.07	1.15	0.57	0.48	1.10	0.16	0.91	0.74	0.25	0.08	0.95	0.25	0.57	14.15
	Supervision																																0.00
	Cambio de linea																																0.00
	Circuito nuevo												4.92																				4.92
	Con 3 chancadoras												0.08																				0.08
	Silos llenos												2.33			2.25	0.42		1.83	0.42			0.42		5.00	6.93	2.59	4.42	7.50	5.83		2.67	42.59
	Cambio de mineral primario													0.34	0.67	0.85	0.50	1.07	0.92	0.51	0.34	0.85	1.35	0.85	0.25	1.33	0.50	0.68	0.60	1.23	0.76	0.60	14.20
	Cambio de mezcla de mineral													0.34	0.13	0.17		0.17	0.17	0.34	0.17												1.47
	Limpieza de chutes																0.17																0.17
	Sobrecarga																		0.16		0.16				1.42						0.08		1.84
	Limpieza																		0.17						0.17								0.34
	Pasar tripper																		0.17							0.51	1.75	0.67	1.08	1.16		0.17	6.84
	Descargar remanente																			0.16		0.17										0.17	0.50
	Descargar zaranadas																				0.17												0.17
	Revisión de mallas																				0.17												0.17
	Maniobra de contratistas																					1.33											1.33
	Mover compuertas																					1.24											1.24
	Problema con instrumentación																							1.58									1.58
		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.59	2.44	2.13	4.00	1.13	2.29	1.76	2.42	1.24	4.24	2.85	3.53	7.00	8.68	5.18	6.92	9.35	8.17	1.08	4.18	91.74
Mantenimiento	Circuito nuevo no carga												2.50																				2.50
	Se levantan mandiles													4.83																				4.83
	Se cambio brazo guiadores de polin																																0.00
	Lubricación tractor														0.17						0.25												0.42
	Mantenimiento cambio de blindaje															2.75																	2.75
	Mantenimiento en chute																			1.83													1.83
	Revision de mallas internas																				0.17												0.17
	Retirar enfriador																				0.08												0.08
	Operativa																								0.17								0.17
	Cambio de cantonera																								0.33								0.33
	Cambio o reparación de faja																								2.42		2.00				5.34		9.76
	Mecanicos en chute de fino																									0.17							0.17
	Chute atorado																										0.67			0.08	0.42		1.17
	Bajar mandil																											0.75					0.75
	Cambio de mandil deflector																											2.17					2.17
	Cambio de polin retorno																												3.75	0.25			4.00
	Parada intempestiva																	0.58															0.58
	Problema electrico																	2.08															2.08
	Falta de tractor														2.58	0.83	0.42		2.27	0.75		1.00		0.58				0.83					9.26
	Reparaciones electricas																																0.00
	Resorte delantero izquierdo roto																1.50																1.50
		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.50	4.83	2.75	3.58	1.92	2.66	2.27	2.83	0.25	1.00	0.00	0.58	2.92	0.17	2.67	3.75	3.75	0.33	5.76	0.00	44.52
	TBF(día)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.08	21.18	22.00	22.50	21.42	19.25	24.00	23.67	22.01	23.00	22.75	22.59	21.67	23.00	24.00	23.33	22.08	22.17	21.50	21.34	430.34
	TTR(día)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.50	4.83	2.75	3.58	1.92	2.66	2.27	2.83	0.25	1.00	0.00	0.58	2.92	0.17	2.67	3.75	3.75	0.33	5.76	0.00	44.52
	N eventos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.04761905	0.04761905	0.0952381	0.0952381	0.0952381	0.0952381	0.04761905	0.14285714	0.0952381	0.04761905	0	0.04761905	0.14285714	0.04761905	0.0952381	0.14285714	0.04761905	0.0952381	0.0952381	0	
	Disponibilidad diaria	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	64.6892655	77.1954674	87.5	84.0888889	91.0364146	86.1818182	90.5416667	88.0439375	98.8641527	95.6521739	100	97.4324923	86.52515	99.2608696	88.875	83.9262752	83.0163043	98.511502	73.2093023	100	89.7
	NC = no calculable																																



T. Real Planta 8310.28 amarillo

T. Real Faja 8715.48 rojo

HORAS DE PARADA DE LA FAJA DE LA LÍNEA 2 EN FEBRERO DEL 2022

		1/02/2022	2/02/2022	3/02/2022	4/02/2022	5/02/2022	6/02/2022	7/02/2022	8/02/2022	9/02/2022	10/02/2022	11/02/2022	12/02/2022	13/02/2022	14/02/2022	15/02/2022	16/02/2022	17/02/2022	18/02/2022	19/02/2022	20/02/2022	21/02/2022	22/02/2022	23/02/2022	24/02/2022	25/02/2022	26/02/2022	27/02/2022	28/02/2022	
Personal	Huelga																												0.00
	Falta de personal																												0.00
	Cambio de guardia		0.33	0.33	0.33	0.42	0.33		0.42		0.25	0.33	0.33	0.66	0.33	0.75	0.66	0.33		0.58	0.33	0.33	1.17		0.33	0.50	0.33	0.33	0.33	10.09
	Falta de personal																												0.00
	Charla de seguridad y revisión de equipos	1.00	2.33	1.83	1.75	1.67	1.75		2.25	1.33	1.42	1.84	2.59	1.74	2.50	1.92	2.58	1.92		1.50	1.66	1.92	2.17	1.00	1.00	0.50	1.25	1.33	0.75	43.50
	Personal pasando prueba de descarte							1.58																						1.58
	Queda operativa																													0.00
		1.00	2.66	2.16	2.08	2.09	2.08	1.58	2.67	1.33	1.67	2.17	2.92	2.40	2.83	2.67	3.24	2.25	0.00	2.08	1.99	2.25	3.34	1.00	1.33	1.00	1.58	1.66	1.08	55.11
Operaciones	Detector de metal	0.66	0.42	0.32		0.58	0.42	0.67	0.25	0.72	0.59	0.81	0.33	0.08	0.74	0.81	0.08	0.65		0.48	0.73	1.13	0.99	0.23	0.76	1.25	1.08	0.91	1.17	16.62
	Supervision																													0.00
	Cambio de línea																													0.00
	Circuito nuevo																													0.00
	Con 3 chancadoras														0.50															0.50
	Silos llenos	2.75						2.67	1.33	1.50	1.50		0.42					2.91	1.25					2.25	1.67				0.67	18.92
	Cambio de mineral primario	0.33		0.85	1.27	0.34	0.67	1.12	0.34	0.08	0.94	1.09	0.76	0.25	0.43	0.68	0.61	0.85	0.60	0.41	1.02	1.11	0.36	0.34	0.68	0.93	0.69	0.85	0.88	0.45	18.60
	Cambio de mezcla de mineral																													0.00
	Limpieza de chutes									0.16	0.25					0.17														0.58
	Sobrecarga																													0.00
	Limpieza	0.17																		0.25	0.08									0.50
	Pasar tripper			1.70	0.34	1.17	0.17	0.08		1.66	0.67	0.17	1.35	0.75		0.25	0.51	0.42	0.51	0.17	0.17		0.08	0.08	0.58	0.17	0.58	0.82	0.58	12.38
	Descargar remanente																					0.17								0.17
	Descargar zaranados																													0.00
	Revisión de mallas																													0.00
	Maniobra de contratistas																													0.00
	Mover compuertas							0.25						0.17								0.09			0.19	0.25		0.25		1.20
	Problema con instrumentación																													0.00
	Circuito cerrado		0.33																											0.33
	Se cerro un punto		0.25																											0.25
	Normalizar circuito												0.08																	0.08
	Poner en operación																0.08													0.08
	Entrar en operación																0.08													0.08
		3.58	1.80	3.29	0.68	2.42	1.08	4.01	1.92	4.38	3.50	1.76	2.43	1.43	1.92	1.84	1.68	4.58	2.17	1.92	2.99	1.75	1.41	1.24	4.13	2.36	2.51	2.86	2.87	70.29
Mantenimiento	Circuito nuevo no carga																													0.00
	Se levantan mandiles															3.17														3.17
	Se cambio brazo guiladores de polin																													0.00
	Lubricación tractor		0.17																											0.17
	Mantenimiento cambio de blindaje	7.08																												7.08
	Mantenimiento en chute																					2.67								2.67
	Mantenimiento programado																	1.67	10.67											12.34
	Revision de mallas internas																													0.00
	Retirar enfriador																													0.00
	Operativa																													0.00
	Cambio de cantonera																													0.00
	Cambio o reparación de faja	2.00			3.67	1.50								1.08																8.25
	Mecanicos en chute de fino																													0.00
	Chute atorado														0.17	0.08			0.25											0.50
	Bajar mandil				1.42															0.67				2.75						4.84
	Cambio de mandil deflector																													0.00
	Cambio de polin retorno																													0.00
	Parada intempestiva					0.17		3.08				0.08									0.25	0.25								3.83
	Problema electrico	2.58					1.17	2.58	2.75										0.25									0.25		9.58
	Falta de tractor		0.58	0.42					1.25		0.83	1.75								1.25	1.75	0.50		1.92	0.83	0.83	0.08		0.33	12.32
	Reparaciones electricas									0.83			2.42	2.84																6.09
	Calibración de balanzas				2. 33																									0.00
	Recalibración				1.50																									1.50
	Presión baja en bomba de aceite				0.92	0.58																								1.50
	Reparación mecánica				0.18												2.08	0.17												2.43
	Revisión de zarandas					0.50									2.17								0.58							3.25
	Revisando PLC							x																						0.00
	Revisar indicadores temperatura y presión																					5.50								5.50
	Colocaron tope en contrapeso de faja																												0.58	0.58
	Cambio de polin de carga																												1.33	1.33
	Bajo flujo de aceite				2.92																									2.92
	Bajo flujo				4.17																									4.17
		11.66	0.75	0.42	14.78	2.75	1.17	5.66	4.00	0.83	0.83	1.83	2.42	3.92	2.34	3.25	2.08	1.84	11.17	1.92	2.00	9.00	0.58	4.67	0.83	0.83	0.08	0.25	2.24	94.10
	TBF(día)	23.00	21.34	21.84	21.92	21.91	21.92	22.42	21.33	22.67	22.33	21.83	21.08	21.60	21.17	21.33	20.76	21.75	24.00	21.92	22.01	21.75	20.66	23.00	22.67	23.00	22.42	22.34	22.92	616.89
	TTR(día)	11.66	0.75	0.42	14.78	2.75	1.17	5.66	4.00	0.83	0.83	1.83	2.42	3.92	2.34	3.25	2.08	1.84	11.17	1.92	2.00	9.00	0.58	4.67	0.83	0.83	0.08	0.25	2.24	94.10
	N eventos	0.09375	0.0625	0.03125	0.25	0.125	0.03125	0.0625	0.0625	0.03125	0.03125	0.0625	0.03125	0.0625	0.0625	0.0625	0.03125	0.0625	0.09375	0.0625	0.0625	0.125	0.03125	0.0625	0.03125	0.03125	0.03125	0.03125	0.09375	
	Disponibilidad diaria	49.3043478	96.4854733	98.0769231	32.5729927	87.4486536	94.6624088	74.7546833	81.2470699	96.3387737	96.2830273	91.6170408	88.5199241	81.8518519	88.9466226	84.7632443	89.9807322	91.5402299	53.4583333	91.2408759	90.9132213	58.6206897	97.1926428	79.6956522	96.3387737	96.3913043	99.6431757	98.8809311	90.2268761	84.7

8760

55.11

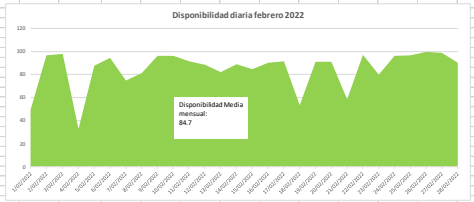
70.29

94.10

219.50

T. REAL PLAN 8540.50

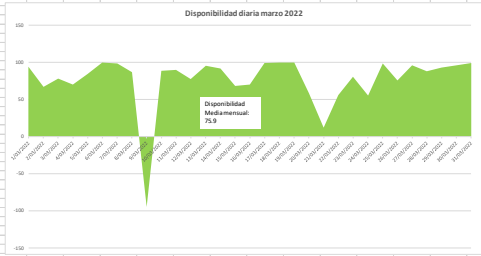
T. REAL FAJA 8665.90



HORAS DE PARADA DE LA FAJA DE LA LÍNEA 2 EN MARZO DEL 2022

		1/03/2022	2/03/2022	3/03/2022	4/03/2022	5/03/2022	6/03/2022	7/03/2022	8/03/2022	9/03/2022	10/03/2022	11/03/2022	12/03/2022	13/03/2022	14/03/2022	15/03/2022	16/03/2022	17/03/2022	18/03/2022	19/03/2022	20/03/2022	21/03/2022	22/03/2022	23/03/2022	24/03/2022	25/03/2022	26/03/2022	27/03/2022	28/03/2022	29/03/2022	30/03/2022	31/03/2022	
Personal	Huelga																															
	Falta de personal																															
	Cambio de guardia		0.33	0.33	0.33	0.33	0.67	0.50		0.25	1.33	0.33	0.33	0.33	0.33	1.00	1.00	0.66	0.66	0.83	0.33	0.66	0.66	0.58	0.58	0.58	0.33	0.33	1.00		0.66	0.66	15.91	
	Falta de personal																															0.00	8760
	Charla de seguridad y revisión de equipos	0.50	0.55	0.50	0.47	0.92	1.25	1.00	1.00	0.50	2.58	1.00	0.50	0.50	0.50	1.42	0.50	1.25	2.84	1.83	0.92	0.83	1.50	1.83	0.67	2.75	0.67	1.50	2.16	1.17	2.25	2.33	38.19	
	Personal pasando prueba de descarte								1.83																								1.83	
	Queda operativa																																0.00	
	Charla de capacitación							2.50																									2.50	58.43
		0.50	0.88	0.83	0.80	1.25	1.92	4.00	2.83	0.75	3.91	1.33	0.83	0.83	0.83	2.42	1.50	1.91	3.50	2.66	1.25	1.49	2.16	2.41	1.25	3.33	1.00	1.83	3.16	1.17	2.91	2.99	74.63	
Operaciones	Detector de metal	0.65	0.98	1.03	0.40	1.07	0.27	0.59	0.65	1.63	1.16	1.15	0.91	0.81	1.07	1.05	0.98	2.14	0.92	0.74	0.72	0.50	1.26	0.48	0.31	1.00	1.41	0.95	1.16	0.08	0.97	0.96	27.65	
	Supervision																	0.58															0.58	
	Cambio de linea																																0.00	
	Circuito nuevo																																0.00	
	Con 3 chancadoras																																0.00	
	Sin fierros	0.58				0.08	5.08						0.08	0.50				2.25	0.58		1.17								0.50		0.58	0.50		11.50	
	Cambio de mineral primario	0.34	0.53	0.51	0.70	0.52	0.42	0.25	0.68	0.34	0.68	0.18	0.91	0.96	0.43	0.17	0.17	0.29	0.25	0.75	0.27	0.84	0.51	0.68	0.68	0.34	0.61	0.84	0.69	0.85	0.61	0.38	16.49	
	Cambio de mezcla de mineral																																0.00	
	Limpieza de chutes																													0.08	0.08		0.16	
	Sobrecarga																																0.00	
	Limpieza																									0.17							0.17	
	Pasar tripper	1.84	0.58	0.58	0.50	0.83	1.29	0.32	0.67	0.16	0.34	0.76	0.16	0.75	0.25	0.25	0.33		0.17	1.09	0.32	0.09	0.34	0.34	0.50	1.41	0.16	0.33	0.17	0.58	0.59	0.58	16.37	
	Descargar remanente									0.34			0.17	0.08				0.17			0.08												0.84	
	Descargar zarandas													0.25																			0.25	
	Revisión de mallas																																0.00	
	Maniobra de contratistas																																0.00	
	Mover compuertas														0.25																		0.25	
	Problema con instrumentación																																0.00	
	Circuito cerrado																																0.00	
	Se corro un punto																																0.00	
	Normalizar circuito																																0.00	
	Poner en operación																													0.08			0.08	
	Retrar en operación																																0.00	74.61
		3.41	2.09	2.12	1.60	2.50	7.06	1.16	2.00	2.47	2.18	2.09	2.15	2.33	2.40	1.47	1.48	5.43	1.92	2.58	2.56	1.09	2.11	1.50	1.49	2.92	2.18	2.62	2.60	2.25	2.75	2.08	74.60	
Interminables	Circuito nuevo no carga																																0.00	
	Se levantan mandiles																																0.00	
	Se cambio brazo poledores de polin																																0.00	
	Lubricación tractor																																0.00	
	Mantenimiento cambio de blindaje			5.08		2.92											2.42												1.91				12.33	
	Mantenimiento en chute																																0.00	
	Mantenimiento programado																							1.75	10.17								11.92	
	Revision de mallas internas																																0.00	
	Retirar enfinador																																0.00	
	Operativa																											0.08					0.08	
	Cambio de cantonera		5.50																								4.75						10.25	
	Cambio o reparación de faja																					4.92	8.00										12.92	
	Mecanicos en chute de fino																																0.00	
	Chute atorado		0.92						2.42						0.67	1.08		0.25										0.25				5.59	
	Bajar mandil																																0.00	
	Cambio de mandil deflector				6.92							1.42	3.50																				11.84	
	Cambio de polin retorno									1.60																							1.60	
	Parada intempestiva		1.17					0.25		0.17					0.25		2.08				1.16												5.08	
	Problema electrico					0.42			0.42	42.00							0.67				0.11											0.17	43.77	
	Falta de tractor	0.58											0.75	1.00		1.17	0.25				0.17	0.58				0.83	0.25			0.83			6.42	
	Reparaciones electricas					0.25																	1.67	0.42		0.25				0.42			3.00	
	Calibración de balanzas										1.25													1.00									2.25	
	Recalibración														1.00																		1.00	
	Presión baja en bomba de aceite																																0.00	
	Reparación mecánica										1.08													0.17						1.25			2.50	
	Revisión de zarandas																											0.17	0.58				0.75	
	Revisando PLC																																0.00	
	Revisar indicadores temperatura y presión																																0.00	
	Colocaron tope en contrapeso de faja																																0.00	
	Cambio de polin de carga									1.60																							1.60	
	Retiro de platino portamandil	0.75																															0.75	
	Soldar plancha en chute											0.92																					0.92	
	Cambio de limpia faja												1.00																				1.00	
	Cambio de motor de faja															4.67																	4.67	
	Reparación de polin vertical																1.33																1.33	
	Sobrecalentamiento																				8.00												8.00	
	Mecanicos en rodajes																					14.33											14.33	
	Temperatura alta																							0.92									0.92	
	Presión hidraulica baja																											0.17					0.17	165.01
		1.33	7.59	5.08	6.92	3.59	0.00	0.25	2.84	45.37	2.33	2.34	5.25	1.00	1.92	6.92	6.75	0.25	0.00	0.00	9.44	19.83	9.67	4.26	10.17	0.25	5.58	0.92	2.49	1.67	0.83	0.17	165.01	298.05

TBF(día)	23.50	23.12	23.17	23.20	22.75	22.08	20.00	21.17	23.25	20.09	22.67	23.17	23.17	23.17	21.58	22.50	22.09	20.50	21.34	22.25	22.51	21.84	21.59	22.75	20.67	23.00	22.17	20.84	22.83	21.09	21.01	685.57
TTR(día)	1.33	7.59	5.08	6.92	3.59	0.00	0.25	2.84	45.37	2.33	2.34	5.25	1.00	1.92	6.92	6.75	0.25	0.00	0.00	9.44	19.83	9.67	4.26	10.17	0.25	5.58	0.92	2.49	1.67	0.83	0.17	165.01
N eventos	0.05128205	0.07692308	0.02564103	0.02564103	0.07692308	0	0.02564103	0.05128205	0.07692308	0.05128205	0.05128205	0.07692308	0.02564103	0.07692308	0.07692308	0.12820513	0.02564103	0	0	0.1025641	0.07692308	0.05128205	0.12820513	0.02564103	0.02564103	0.05128205	0.12820513	0.05128205	0.05128205	0.02564103	0.02564103	0.02564103		
Disponibilidad diaria	94.3404255	67.1712803	78.0750971	70.1724138	84.2197802	100	98.75	86.5847898	95.1397849	88.4021601	89.6779885	77.3413897	95.6840742	91.7134225	67.9332715	70	98.8682662	100	100	58.5056945	11.9058196	55.7234432	80.3686426	55.2967033	98.7905177	75.7391304	95.8503481	88.0518234	92.6850635	96.0644855	99.1908615	75.9	

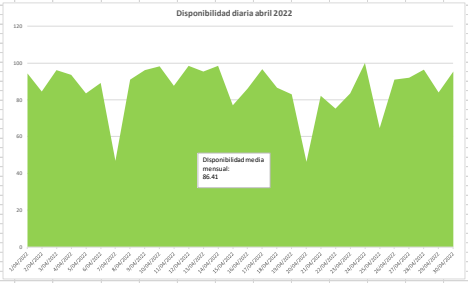


	T. REAL PLAN	8461.95		
	T. REAL FAJA	8594.99		

HORAS DE PARADA DE LA FAJA DE LA LÍNEA 2 EN ABRIL DEL 2022

		1/04/2022	2/04/2022	3/04/2022	4/04/2022	5/04/2022	6/04/2022	7/04/2022	8/04/2022	9/04/2022	10/04/2022	11/04/2022	12/04/2022	13/04/2022	14/04/2022	15/04/2022	16/04/2022	17/04/2022	18/04/2022	19/04/2022	20/04/2022	21/04/2022	22/04/2022	23/04/2022	24/04/2022	25/04/2022	26/04/2022	27/04/2022	28/04/2022	29/04/2022	30/04/2021	
Personal	Huelga																															
	Falta de personal																															
	Cambio de guardia	0.58	0.58	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.91	0.66	0.33	0.33	0.66	0.91	0.42	0.33	0.91	0.33	0.83	0.33	1.08		0.33	0.66		0.66	0.75	1.08	0.58	0.58	0.33	17.46
	Falta de personal																															0.00
	Charla de seguridad y revisión de equipos	1.50	0.17	1.17	2.42	2.51	1.75	1.58	1.67	1.75	0.75	0.75	1.58	1.67	1.91	1.67	1.00	1.50	0.92	1.00	0.67	1.00	2.42	2.75	2.08	0.92	0.17	3.09	0.83	1.58	2.42	45.20
	Personal pasando prueba de descarte																															0.00
	Queda operativa																															0.00
	Charla de capacitación																															0.00
		2.08	0.75	1.83	3.08	3.17	2.41	2.24	2.58	2.41	1.08	1.08	2.24	2.58	2.33	2.00	1.91	1.83	1.75	1.33	1.75	1.00	2.75	3.41	2.08	1.58	0.92	4.17	1.41	2.16	2.75	62.66
Operaciones	Detector de metal	0.40	0.58	0.80	0.89	0.32	0.80	1.81	1.93	2.25	3.43	0.84	0.73	1.00	1.82	1.17	1.55	1.67	0.93	1.16	0.25	0.66	0.52	0.42	2.56	0.51	0.91	0.66	1.17	0.50	1.07	33.31
	Supervisión																															0.00
	Cambio de linea																															0.00
	Circuito nuevo																															0.00
	Cinc 3 chancadoras																															0.00
	Silos llenos	4.17									1.00													0.67						8.00	1.16	15.00
	Cambio de mineral primario	1.01	1.11	0.87	0.60	0.59	0.69	0.72	0.34	0.17	1.19	0.34	0.43	0.34	0.28	0.59	0.37	0.34	0.76	0.34		0.18	0.17	0.42	0.25		0.42	0.76	0.51	0.17	0.51	13.98
	Cambio de mezcla de mineral																															0.00
	Limpieza de chutes		0.33					0.17		0.34																					0.17	1.01
	Sobrecarga								0.33												0.17							0.83				1.33
	Limpieza																															0.00
	Pasar tripper	0.34	0.50	0.08	0.25	0.41	0.34		0.25	0.08	0.17	1.16	0.66	1.76	1.00	0.33	0.42	0.83	0.32	0.59	0.08	0.92	0.49	1.34	2.70	0.67	1.25	0.42	0.34			17.76
	Descargar remanente																															0.00
	Descargar zarandas																0.25															0.25
	Revisión de mallas																															0.00
	Maniobra de contratistas																															0.00
	Mover compuertas																															0.00
	Problema con instrumentación																															0.00
	Circuito cerrado																															0.00
	Se corro un punto																															0.00
	Normalizar circuito																															0.00
	Poner en operación																															0.00
	Entrar en operación																															0.00
	Falta de carga por mineral humedo			0.77									0.25								0.17											1.19
		5.92	2.52	3.52	1.74	1.32	1.83	2.90	2.83	2.84	5.79	2.34	2.07	3.10	3.10	2.09	2.58	2.84	2.51	2.09	0.67	1.76	1.18	2.83	5.53	2.18	2.58	2.67	2.02	2.07	2.98	83.77
Mantenimiento	Circuito nuevo no carga																															0.00
	Se levantan mandiles																															0.00
	Se cambio brazo guiadores de polin																															0.00
	Lubricación tractor												0.33	0.42	0.33						0.17											1.25
	Mantenimiento cambio de blindaje																															0.00
	Mantenimiento en chute																															0.00
	Mantenimiento programado				1.17											2.25	2.08			2.00	9.75											17.25
	Revision de mallas internas																															0.00
	Retirar enfriador																															0.00
	Operativa																															0.00
	Cambio de cantonera																															0.00
	Cambio o reparación de faja		2.25																		1.50			2.00		6.84		1.50				14.09
	Mecanicos en chute de fino																															0.00
	Chute atorado						2.01		0.66	0.83						1.92	0.17												0.25			5.84
	Bajar mandil																															0.00
	Cambio de mandil deflector																															0.00
	Cambio de polin retorno											0.33							0.75													1.08
	Parada intempestiva	0.25							0.42							0.08			0.16	0.75			3.83	1.33				0.08			0.33	7.23
	Problema electrico				0.17				0.83																							1.00
	Falta de tractor	0.67	0.83	0.58		1.00					0.42	0.67		0.58		0.83	0.83	0.75	2.08	0.17						1.08	0.92		0.58		0.67	12.66
	Reparaciones electricas											0.16																				0.16
	Calibración de balanzas																															0.00
	Recalibración																															0.00
	Presión baja en bomba de aceite																															0.00
	Reparación mecánica	0.33																		0.75		0.75	0.17							3.50		5.50
	Revisión o reparación de zarandas			0.25								1.67																				1.92
	Revisando o resetar PLC						0.17																									0.17
	Revisar indicadores temperatura y presión																							0.08								0.08
	Colocaron tope en contrapeso de faja																															0.00
	Cambio de polin de carga																															0.00
	Retiro de platino portamandil																					3.33										3.33
	Soldar plancha en chute																															0.00
	Cambio de limpia faja		0.58																													0.58
	Cambio de motor de faja																															0.00
	Reparación de polin vertical																															0.00
	Sobrecalentamiento																															0.00
	Mecanicos en rodajes																															0.00
	Temperatura alta																															0.00
	Presión hidraulica baja																															0.00
	Cambio de portamandil					2.42																										2.42
	Revisar zero switch						0.17														0.67											0.84
	Motor hidraulico fuera de servicio							11.58																								11.58
	Cambiaron polines																						1.25				1.17					2.42
		1.25	3.58	0.83	1.34	3.42	2.35	11.58	1.91	0.83	0.42	2.83	0.33	1.00	0.33	5.08	3.08	0.75	2.99	3.84	11.92	4.08	5.25	3.41	0.00	7.92	2.09	1.58	0.83	3.50	1.00	89.32

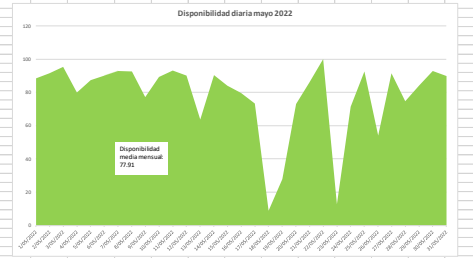
TBF(dia)	21.92	23.25	22.17	20.92	20.83	21.59	21.76	21.42	21.59	22.92	22.92	21.76	21.42	21.67	22.00	22.09	22.17	22.25	22.67	22.25	23.00	21.25	20.59	21.92	22.42	23.08	19.83	22.59	21.84	21.25	657.34
TTR(dia)	1.25	3.58	0.83	1.34	3.42	2.35	11.58	1.91	0.83	0.42	2.83	0.33	1.00	0.33	5.08	3.08	0.75	2.99	3.84	11.92	4.08	5.25	3.41	0.00	7.92	2.09	1.58	0.83	3.50	1.00	89.32
N eventos	0.06976744	0.06976744	0.04651163	0.04651163	0.04651163	0.06976744	0.02325581	0.06976744	0.02325581	0.02325581	0.09302326	0.02325581	0.04651163	0.02325581	0.09302326	0.06976744	0.02325581	0.06976744	0.11627907	0.06976744	0.04651163	0.06976744	0.06976744	0	0.04651163	0.02325581	0.04651163	0.04651163	0.02325581	0.04651163		
Disponibilidad diaria	94.2974453	84.6021505	96.2562021	93.5946463	83.581373	89.1153312	46.7830882	91.0830999	96.1556276	98.1675393	87.6527051	98.4834559	95.3314659	98.4771574	76.9090909	86.0570394	96.6170501	86.5617978	83.0613145	46.4269663	82.2608696	75.2941176	83.4385624	100	64.6743979	90.9445407	92.0322743	96.3258079	83.974359	95.2941176	86.41



62.66				
83.77				
89.32	T. REAL PLAN	8524.25		
235.75	T. REAL FAJA	8670.68		
		8760		

HORAS DE PARADA DE LA FAJA DE LA LÍNEA 2 EN MAYO DEL 2022

		1/05/2022	2/05/2022	3/05/2022	4/05/2022	5/05/2022	6/05/2022	7/05/2022	8/05/2022	9/05/2022	10/05/2022	11/05/2022	12/05/2022	13/05/2022	14/05/2022	15/05/2022	16/05/2022	17/05/2022	18/05/2022	19/05/2022	20/05/2022	21/05/2022	22/05/2022	23/05/2022	24/05/2022	25/05/2022	26/05/2022	27/05/2022	28/05/2022	29/05/2022	30/05/2022	31/05/2022	
Personal	Huelga																															
	Falta de personal																															
	Cambio de guardia	0.66	0.66	0.33	0.99	0.33	0.66	0.25	0.33	0.33	0.33	0.66			0.33	0.66	0.33	0.33	0.33	0.99	0.33	0.83	0.99	0.33	0.99	0.99	0.99	0.66	0.66	0.99	0.33	0.66	17.17
	Falta de personal																															0.00
	Charla de seguridad y revisión de equipos	1.67	1.01	0.25	1.17	2.25	0.42	0.34		0.59	0.50	0.34	0.34	1.34	0.34	0.17	0.17	1.42	0.08	0.92	0.17	0.67	2.16	0.34	1.09	1.09	1.09	1.42	1.01	2.00	1.00	1.66	27.00
	Personal pasando prueba de descarte																																0.00
	Queda operativa																																0.00
	Charla de capacitación																																0.00
	-	2.33	1.67	0.58	2.08	2.58	1.08	0.59	0.33	0.92	0.83	1.00	0.34	1.34	0.67	0.83	0.50	1.75	0.41	1.01	0.50	1.50	3.33	0.67	2.08	2.08	2.08	2.08	1.67	2.99	1.33	2.32	44.19
Operaciones	Detector de metal	0.83	1.07	0.23	1.27	1.60	0.92	0.82	1.40	0.84	0.49	0.97	0.82	1.25	0.91	0.60	0.91	0.90	0.52	0.89	1.09	0.83		1.26	0.26	0.74	1.40	0.87	1.41	1.34	1.41	2.34	32.00
	Supervision																																0.00
	Cambio de linea																																0.00
	Circuito nuevo																																0.00
	Con 3 chancadoras																	0.16	0.42														0.58
	Silos llenos	0.33		0.75	0.33	0.34		1.58					0.08	0.50	2.33			3.34		1.33					0.83			1.42	1.00		1.00		15.30
	Cambio de mineral primario	0.35	0.76	2.02			0.34	0.84	0.51	0.17	0.52	0.77	0.51	0.17	0.83	0.25	0.85	0.26	0.33	0.42	0.75	0.51	0.59	0.17	0.43	0.59	0.76	0.77	0.34	0.44	0.68	0.78	16.70
	Cambio de mezcla de mineral																																0.00
	Limpieza de chutes					0.17	0.17							0.25												0.25							0.84
	Sobrecarga																											0.17					0.17
	Limpieza														0.08																		0.08
	Pasar tripper		0.17	0.34	0.76	0.51	1.08	0.50	0.50	0.75	0.84	0.83	0.50	0.50	0.49	0.49	0.25					0.51	1.00	0.16	0.34	0.42	0.17	0.25	0.25		0.17		12.36
	Descargar remanente																																0.00
	Descargar zaranadas																													0.25			0.25
	Revisión de mallas																																0.00
	Maniobra de contratistas																																0.00
	Mover compuertas								0.25	0.17	0.25			1.25				0.17															2.09
	Problema con instrumentación																																0.00
	Circuito cerrado																																0.00
	Se cerro un punto							0.17																	0.17								0.34
	Normalizar circuito																																0.00
	Poner en operación																																0.00
	Entrar en operación																													0.08			0.08
	Falla de carga por mineral humedo																				0.83				0.17								1.00
	Con 2 chancadoras																	0.11															0.11
		1.51	2.00	3.34	2.36	2.62	2.51	1.91	2.40	1.93	2.10	2.57	1.91	1.92	4.64	1.34	2.03	4.54	1.27	2.64	2.67	1.83	1.59	1.59	2.60	2.08	2.33	1.48	1.00	1.91	1.30	3.33	79.67
Mantenimiento	Circuito nuevo no carga																																0.00
	Se levantan mandiles																2.42																2.42
	Se cambio brazo guiadores de polin																																0.00
	Lubricación tractor										0.17													0.17	0.25						0.42		1.01
	Mantenimiento cambio de blindaje																																0.00
	Mantenimiento en chute																																0.00
	Mantenimiento programado																	1.83	11.00														12.83
	Revision de mallas internas																																0.00
	Retirar enfriador																																0.00
	Operativa																																0.00
	Cambio de cantonera						0.50																										0.50
	Cambio o reparación de faja		0.08							3.50	1.08		1.00						6.25	13.00		1.83											26.76
	Mecanicos en chute de fino																																0.00
	Chute atorado						0.75		0.25			0.07								0.09					0.25				0.17	0.17		0.33	0.34	2.40
	Bajar mandil																																0.00
	Cambio de mandil deflector					1.83																											1.83
	Cambio de polin retorno																																0.00
	Parada intempestiva		0.17			0.17		0.75									0.50	0.33				0.17		0.42		0.17	0.17	0.08	0.08	1.66			4.00
	Problema electrico																1.83	0.67			0.25			1.25						0.32			4.32
	Falla de tractor	2.50	1.66	0.67	1.08	0.67	1.00	0.67		1.75	1.25	1.50	1.33	0.50	0.92	0.58		1.17	1.00	1.59	0.92	1.17		0.67	0.58	1.42	0.58	1.59	1.84	1.17	0.17		29.99
	Reparaciones electricas			0.42					1.50										0.50														2.42
	Calibracion de balanzas				1.25			0.25																									1.50
	Recalibración																																0.00
	Presión baja en bomba de aceite																															0.00	0.00
	Reparación mecánica													1.83	1.33	3.08		1.92	2.75		5.17			1.50	3.75						1.08	1.75	24.50
	Revisión o reparación de zarandas																			1.08				14.42			9.17						24.67
	Revisando o resetar PLC																																0.00
	Revisar indicadores temperatura y presión																																0.00
	Colocaron tope en contrapeso de faja																																0.00
	Cambio de polin de carga																																0.00
	Retiro de platino portamandil																																0.00
	Soldar plancha en chute																																0.00
	Cambio de limpia faja																																0.00
	Cambio de motor de faja																																0.00
	Reparación de polin vertical																																0.00
	Sobrecalentamiento																																0.00
	Mecanicos en rodajes																																0.00
	Temperatura alta																																0.00
	Presión hidraulica baja																																0.00
	Cambio de portamandil																																0.00
	Revisar zero switch																							0.17									0.17
	Motor hidraulico fuera de servicio																																0.00
	Cambiaron polines				2.08																								3.75				5.83
	Reparación o cambio de chancadora													5.92																			5.92
	Atoro en chancadora																			0.17				1.50	1.67								3.34
		2.50	1.91	1.09	4.41	2.67	2.25	1.67	1.75	5.25	2.50	1.57	2.33	8.25	2.25	3.66	4.75	5.92	21.50	15.93	6.34	3.17	0.00	20.35	6.25	1.59	10.09	1.84	5.67	3.35	1.58	2.17	154.56
	TBF(día)	21.67	22.33	21.42	21.92	21.42	22.92	23.41	23.67	23.08	23.17	23.00	23.66	22.66	23.33	23.17	23.50	22.25	23.59	22.09	23.50	22.50	20.85	23.33	21.92	21.92	21.92	21.92	22.33	21.01	22.67	21.68	699.81
	TTR(día)	2.50	1.91	1.09	4.41	2.67	2.25	1.67	1.75	5.25	2.50	1.57	2.33	8.25	2.25	3.66	4.75	5.92	21.50	15.93	6.34	3.17	0.00	20.35	6.25	1.59	10.09	1.84	5.67	3.35	1.58	2.17	154.56
	N eventos	0.02222222	0.06666667	0.04444444	0.06666667	0.06666667	0.06666667	0.06666667	0.04444444	0.04444444	0.06666667	0.04444444	0.04444444	0.06666667	0.04444444	0.04444444	0.06666667	0.11111111	0.11111111	0.11111111	0.06666667	0.06666667	0	0.2	0.08888889	0.04444444	0.08888889	0.06666667	0.06666667	0.08888889	0.06666667	0.06666667	
	Disponibilidad diaria	88.46333333	91.44648845	95.3458582	79.88138869	87.539014	90.1832461	92.86629655	92.60667517	77.25303289	89.21058563	93.17399313	90.1521555	63.592233	90.35576511	84.2037117	79.787234	73.39325843	8.859686631	27.88592127	73.02127660	85.91111111	100	12.77325333	71.48722631	92.74635004	53.96807811	91.60583942	74.60815047	84.0552118	91.03043677	89.99077491	77.91

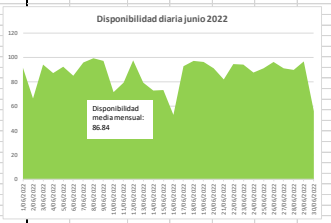


44.19		
79.62		
154.56		
278.37		
	8760	
	T. REAL PLAN	8481.63
	T. REAL FAJA	8605.44

HORAS DE PARADA DE LA FAJA DE LA LÍNEA 2 EN JUNIO DEL 2022

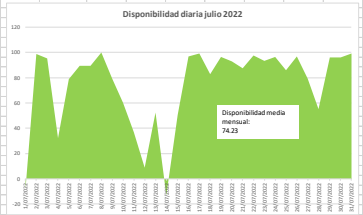
		1/06/2022	2/06/2022	3/06/2022	4/06/2022	5/06/2022	6/06/2022	7/06/2022	8/06/2022	9/06/2022	10/06/2022	11/06/2022	12/06/2022	13/06/2022	14/06/2022	15/06/2022	16/06/2022	17/06/2022	18/06/2022	19/06/2022	20/06/2022	21/06/2022	22/06/2022	23/06/2022	24/06/2022	25/06/2022	26/06/2022	27/06/2022	28/06/2022	29/06/2022	30/06/2022		
Personal	Huelga																															
	Falta de personal																	8.00													8.00	
	Cambio de guardia	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	29.70	
	Falta de personal																			1.00											1.00	
	Charla de seguridad y revisión de equipos	1.42	1.34	2.08	1.09	1.17	1.09	1.25	2.08	1.00	1.26	0.17	1.67	1.50	1.09	1.01	0.58	1.09	1.67	2.58	1.34	0.17	1.42	0.34	2.00	1.09		1.51	1.59	0.83	0.67	36.10
	Personal pasando prueba de descarte			0.83																											0.83	
	Queda operativa																														0.00	
	Charla de capacitación																														0.00	75.63
		2.41	2.33	3.90	2.08	2.16	2.08	2.24	3.07	1.99	2.25	1.16	2.66	2.49	2.08	2.00	1.57	10.08	2.66	4.57	2.33	1.16	2.41	1.33	2.99	2.08	0.99	2.50	2.58	1.82	1.66	75.63
Operaciones	Detector de metal	1.16	1.07	1.00	1.11	1.08	0.57	1.01	0.33	0.56	1.02	0.71	0.90	0.83	0.33	0.07	0.25	0.66	0.39	0.49	1.00	0.40	0.76	0.97	0.65	0.50	0.63	0.81	0.76	0.98	0.50	21.50
	Supervision																														0.00	
	Cambio de linea																														0.00	
	Circuito nuevo		1.00																												1.00	
	Con 3 chancadoras																														0.00	
	Silos llenos			0.83		1.84			3.50				1.42		0.50		1.33		2.08												11.50	
	Cambio de mineral primario	0.44	0.09	0.71	0.46	0.49	0.43	0.51	1.03	0.58	0.26	0.68	0.59	1.35	0.85	0.25	0.68	0.51	0.51	0.34								0.17	0.26	0.34	0.27	11.80
	Cambio de mezcla de mineral																														0.00	
	Limpieza de chutes				0.17		0.17		0.08			0.17								0.17					0.17						0.93	
	Sobrecarga					0.34						2.25			0.68													0.08				3.35
	Limpieza																														0.00	
	Pasar tripper	0.59	0.50	0.42	0.51	0.25	0.34	0.16	0.42	0.84	0.16	0.42	0.34	0.08	0.08	0.08			0.34	0.33	0.34	0.93	0.33	1.11	0.84	0.68	0.85	0.84	0.67	0.50	0.08	13.03
	Descargar remanente																	0.08	0.33	1.01	1.10											2.52
	Descargar zaranadas					0.17																					0.25					0.42
	Revisión de mallas																														0.00	
	Maniobra de contratistas																														0.00	
	Mover compuertas							1.42								0.17								0.17	0.17							1.93
	Problema con instrumentación																														0.00	
	Circuito cerrado															2.33							0.17					0.17				2.67
	Se cerro un punto																														0.00	
	Normalizar circuito																														0.00	
	Poner en operación																														0.00	
	Entrar en operación																														0.00	
	Falla de carga por mineral humedo					0.17	0.17								0.17						0.25		0.34	0.76	0.50							2.36
	Con 2 chancadoras																														0.00	
	Cambio de circuito				0.17																										0.17	
	Circuito abierto							0.08								0.08													0.08		0.17	73.42
		2.19	2.66	2.96	2.42	4.34	1.68	3.18	5.36	1.98	1.44	4.23	3.25	2.26	2.61	2.93	2.26	1.25	3.60	2.34	2.69	1.33	1.60	3.09	2.33	1.18	1.79	2.67	1.75	1.82	0.83	73.42
Mantenimiento	Circuito nuevo no carga																														0.00	
	Se levantan mandiles																														0.00	
	Se cambio brazo guiadores de polin																														0.00	
	Lubricación tractor											1.00				0.25		0.33			0.17								0.17	0.33	2.25	
	Mantenimiento cambio de blindaje																														0.00	
	Mantenimiento en chute																														0.00	
	Mantenimiento programado															2.08	10.58												1.33			13.92
	Revision de mallas internas											1.42																				1.42
	Retirar enfriador																														0.00	
	Operativa																														0.00	
	Cambio de cantonera																														0.00	
	Cambio o reparación de faja		0.75									0.25																		1.58	2.58	
	Mecanicos en chute de fino																														0.00	
	Chute atorado																				0.17					0.25					0.42	
	Bajar mandil																														0.00	
	Cambio de mandil deflector																														0.00	
	Cambio de polin retorno						1.75					1.42																			3.17	
	Parada intempestiva				0.25	0.67					0.17	0.58	0.25	0.25							0.08								0.08		2.83	
	Problema electrico			0.58						0.17	1.00											1.17									2.92	
	Falla de tractor	1.83	1.34	0.58	0.75	1.00	1.50	0.92		0.67	0.83			0.25	2.75	1.34		0.67	0.58	0.75	1.50	0.75	1.17	1.33	0.75	0.92	0.58	1.92	0.75	0.58		26.01
	Reparaciones electricas										1.17				3.08																0.25	4.50
	Calibración de balanzas		0.17		1.83																											2.00
	Recalibración																														0.00	
	Presión baja en bomba de aceite																														0.00	
	Reparación mecánica		1.75								3.00			2.17	0.08	0.92						2.17			0.83							10.92
	Revisión o reparación de zarandas												0.25	1.75												1.00	1.08				7.67	11.75
	Revisando o resetar PLC																														0.00	
	Revisar indicadores temperatura y presión																														0.00	
	Colocaron tope en contrapeso de faja																														0.00	
	Cambio de polin de carga																														0.00	
	Retiro de platino portamandil o portamandil		1.50																												1.50	
	Soldar plancha en chute																														0.00	
	Cambio de limpia faja																														0.00	
	Cambio de motor de faja																														0.00	
	Reparación de polin vertical																														0.00	
	Sobrecalentamiento																														0.00	
	Mecanicos en rodajes																														0.00	
	Temperatura alta																														0.00	
	Presión hidraulica baja																														0.00	
	Cambio de portamandil																														0.00	
	Revisar zero switch		1.83																												1.83	
	Motor hidraulico fuera de servicio																														0.00	
	Cambiaron polines																														0.00	
	Reparación o cambio de chancadora															1.25															1.25	
	Atoro en chancadora																														0.00	88.84
		1.83	7.34	1.16	2.83	1.67	3.25	0.92	0.17	0.67	6.17	4.67	0.50	4.42	5.91	5.84	10.58	1.00	0.58	0.75	1.92	4.09	1.17	1.33	2.58	2.00	0.83	1.92	2.16	0.75	9.83	88.84
	TBF(dia)	21.59	21.67	20.10	21.92	21.84	21.92	21.76	20.93	22.01	21.75	22.84	21.34	21.51	21.92	22.00	22.43	13.92	21.34	19.43	21.67	22.84	21.59	22.67	21.01	21.92	23.01	21.50	21.42	22.18	22.34	644.37
	TTR(dia)	1.83	7.34	1.16	2.83	1.67	3.25	0.92	0.17	0.67	6.17	4.67	0.50	4.42	5.91	5.84	10.58	1.00	0.58	0.75	1.92	4.09	1.17	1.33	2.58	2.00	0.83	1.92	2.16	0.75	9.83	88.84
	N eventos	0.02222222	0.13333333	0.04444444	0.06666667	0.04444444	0.04444444	0.02222222	0.02222222	0.02222222	0.11111111	0.11111111	0.04444444	0.08888889	0.06666667	0.11111111	0.02222222	0.04444444	0.02222222	0.02222222	0.08888889	0.06666667	0.02222222	0.02222222	0.06666667	0.04444444	0.04444444	0.02222222	0.06666667	0.04444444	0.08888889	
	Disponibilidad diaria	91.5238536	66.128288	94.2288557	87.0894161	92.3534799	85.1733577	95.7720588	99.1877688	96.9559291	71.6321839	79.5534151	97.6569822	79.4514179	73.0383212	73.4545455	52.8310299	92.816092	97.2820993	96.1399897	91.1398246	82.0928196	94.5808245	94.1332157	87.7201333	90.8759124	96.3928727	91.0697674	89.9159664	96.6185753	55.9982095	86.21

T. REAL PLAN	8522.11
T. REAL FAJA	8671.16



HORAS DE PARADA DE LA FAJA DE LA LÍNEA 2 EN JULIO DEL 2022

		1/07/2022	2/07/2022	3/07/2022	4/07/2022	5/07/2022	6/07/2022	7/07/2022	8/07/2022	9/07/2022	10/07/2022	11/07/2022	12/07/2022	13/07/2022	14/07/2022	15/07/2022	16/07/2022	17/07/2022	18/07/2022	19/07/2022	20/07/2022	21/07/2022	22/07/2022	23/07/2022	24/07/2022	25/07/2022	26/07/2022	27/07/2022	28/07/2022	29/07/2022	30/07/2022	31/07/2022	
Personal	Huelga																															
	Falta de personal																															
	Cambio de guardia	0.99	0.33	0.66	0.66	0.33	0.66	0.33	0.33	0.99	0.33	0.66	0.33	0.66		1.16	0.66		0.66	0.33	0.66	0.33	0.99	0.99	0.33	0.99		0.91	0.33	0.33	0.66	0.58	17.17
	Falta de personal																															0.00
	Charla de seguridad y revisión de equipos	1.59	1.50	1.83	0.17	0.34	1.09	0.92	0.50	1.76	1.17	1.42	1.09	0.92		1.50	1.17	1.66	1.51	0.92		0.92	2.24	1.26	0.17	1.17	0.17	2.33		1.00	0.92	0.83	32.07
	Personal pasando prueba de descarte															1.00																1.00
	Queda operativa																															0.00
	Charla de capacitación																															0.00
		2.58	1.83	2.49	0.83	0.67	1.75	1.25	0.83	2.75	1.50	2.08	1.42	1.58	0.00	3.66	1.83	1.66	2.17	1.25	0.66	1.25	3.23	2.25	0.50	2.16	0.17	3.24	0.33	1.33	1.58	1.41	50.24
Operaciones	Detector de metal	0.92	0.48	1.34	1.14	1.97	2.41	0.92	0.56	0.92	1.01	0.56	0.58	0.33	0.84	1.50	0.82	0.75	0.25	0.34	0.26		0.92	1.35	1.21	1.33	0.97	1.00	1.13	0.97	1.07	1.48	29.33
	Supervision																															0.00
	Cambio de línea																															0.00
	Circuito nuevo																						1.17									1.17
	Con 3 chancadoras																															0.00
	Silos llenos		0.67	0.50							1.00		0.92	13.33			4.66	6.34	3.00	5.59	4.47		7.00				1.58		1.00		1.83		51.87
	Cambio de mineral primario	0.34	0.94	0.51	0.60	0.51	0.85	0.26	0.58	0.61	0.25	0.59		0.08	0.69	0.17	0.09				0.51	0.42	0.76	0.17	0.34	0.11	0.59	0.62	0.86	0.96	0.51	1.10	14.02
	Cambio de mezcla de mineral									0.08	0.25																						0.33
	Limpieza de chutes	0.17							0.17								0.17			0.08					0.17		0.34						1.10
	Sobrecarga																																0.00
	Limpieza																																0.00
	Pasar tripper		1.05	0.76	0.41	0.51	0.42	1.10	1.35	0.76	0.25	0.17		0.17			0.42				0.08	0.58	0.25	0.74	1.39	0.91	0.34	0.25	0.34	0.58	0.76	0.92	14.31
	Descargar remanente																																0.00
	Descargar zarandas																																0.00
	Revisión de mallas																																0.00
	Maniobra de contratistas																																0.00
	Mover compuertas												0.08										0.08										0.17
	Problema con instrumentación																																0.00
	Circuito cerrado																																0.00
	Se cerro un punto																																0.00
	Normalizar circuito																																0.00
	Poner en operación																																0.00
	Entrar en operación																																0.00
	Falta de carga por mineral humedo o grueso	0.33																				0.08			0.25		0.17						0.83
	Con 2 chancadoras																																0.00
	Cambio de circuito																																0.00
	Circuito abierto																																0.00
		1.76	3.14	3.11	2.25	2.99	3.68	2.28	2.66	2.37	2.76	1.32	1.58	13.58	1.53	1.67	5.34	7.51	3.25	6.01	5.32	1.08	10.18	2.26	3.16	2.35	1.96	1.87	1.13	2.51	4.17	3.09	113.15
Mantenimiento	Circuito nuevo no carga																																0.00
	Se levantan mandiles																																0.00
	Se cambio brazo guiadores de polin																																0.00
	Lubricación tractor			0.17	0.25																												0.42
	Mantenimiento cambio de blindaje																																0.00
	Mantenimiento en chute																																0.00
	Mantenimiento programado												1.42	10.67																			12.09
	Revision de mallas internas																																0.00
	Retirar enfriador																																0.00
	Operativa																																0.00
	Cambio de cantonera																																0.00
	Cambio o reparación de faja						0.17																										0.17
	Mecanicos en chute de fino																																0.00
	Chute atorado	1.00	0.25	0.40	0.50	1.92	0.42	0.25							0.25			0.17					0.33										5.49
	Bajar mandil																																0.00
	Cambio de mandil deflector																																0.00
	Cambio de polin retorno											1.33																					1.33
	Parada intempestiva			0.17							0.33																			0.08			0.58
	Problema electrico			0.25	5.50						8.58																						14.33
	Falta de tractor	1.67			0.83	1.84	0.75	0.75		1.42			1.08				0.67		0.75	0.83			0.17	1.42	0.83	2.50	0.75			0.92	0.75	0.17	18.10
	Reparaciones electricas	0.67						0.33																				1.33			0.08		2.41
	Calibración de balanzas						1.00									2.08																	3.08
	Recalibración																																0.00
	Presión baja en bomba de aceite																				0.25												0.25
	Reparación mecánica	9.50				1.17						2.00	10.10		1.00						1.42					0.58			10.58				35.35
	Revisión o reparación de zarandas											10.50	8.00																				18.50
	Revisando o resetar PLC																																0.00
	Revisar indicadores temperatura y presión																																0.00
	Colocaron tope en contrapeso de faja																																0.00
	Cambio de polin de carga																																0.00
	Retiro de platino portamandil														1.83																		1.83
	Soldar plancha en chute																																0.00
	Cambio de limpia faja																																0.00
	Cambio de motor de faja																																0.00
	Reparación de polin vertical																																0.00
	Sobrecalentamiento																																0.00
	Mecanicos en rodajes																																0.00
	Temperatura alta																																0.00
	Presión hidraulica baja																																0.00
	Cambio de portamandil																		3.00														3.00
	Revisar zero switch	0.75																															0.75
	Motor hidraulico fuera de servicio																																0.00
	Cambiaron polines							1.08																				3.00					4.08
	Reparación o cambio de chancadora									3.00																							3.00
	Atoro en chancadora				7.33																												7.33
	Cambio de motor excentrica	9.50																															9.50
	Mantenimiento				1.33																												1.33
	Cambio de forros														24.00	8.00																	32.00
	Cambio de aceite																					2.83											2.83
		23.09	0.25	0.99	15.74	4.93	2.34	2.41	0.00	4.42	8.91	13.83	20.60	10.67	27.08	10.08	0.67	0.17	3.75	0.83	1.67	2.83	0.50	1.42	0.83	3.08	0.75	4.33	10.58	0.92	0.91	0.17	178.75
	TBF(día)	21.42	22.17	21.51	23.17	23.33	22.25	22.75	23.17	21.25	22.50	21.92	22.58	22.42	24.00	20.34	22.17	22.34	21.83	22.75	23.34	22.75	20.77	21.75	23.50	21.84	23.83	20.76	23.67	22.67	22.42	22.59	693.76
	TTR(día)	23.09	0.25	0.99	15.74	4.93	2.34	2.41	0.00	4.42	8.91	13.83	20.60	10.67	27.08	10.08	0.67	0.17	3.75	0.83	1.67	2.83	0.50	1.42	0.83	3.08	0.75	4.33	10.58	0.92	0.91	0.17	178.75
	N eventos	0.12244898	0.02040816	0.08163265	0.12244898	0.06122449	0.08163265	0.08163265	0	0.04081633	0.04081633	0.06122449	0.08163265	0.02040816	0.08163265	0.04081633	0.02040816	0.02040816	0.04081633	0.02040816	0.04081633	0.02040816	0.04081633	0.02040816	0.02040816	0.04081633	0.02040816	0.04081633	0.02040816	0.02040816	0.06122449	0.02040816	
	Disponibilidad diaria	7.79645191	98.87235	95.3974895	32.0671284	78.8684098	89.4831461	89.4065934	100	79.2	60.4	36.9069343	8.76882197	52.4085638	-12.8333333	50.4424779	96.9778981	99.2390331	82.8218049	96.3516484	92.8449015	87.5604396	97.5926818	93.4712644	96.4680851	85.8974359	96.8527067	79.1425819	55.3020701	95.9417733	95.941124	99.2474546	74.23



		178.75
		342.14
T. REAL PLAN	8417.86	
T. REAL FAJA	8581.25	

HORAS DE PARADA DE LA FAJA DE LA LÍNEA 2 EN AGOSTO DEL 2022

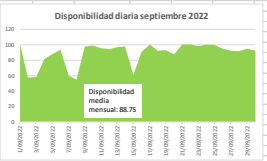
		1/08/2022	2/08/2022	3/08/2022	4/08/2022	5/08/2022	6/08/2022	7/08/2022	8/08/2022	9/08/2022	10/08/2022	11/08/2022	12/08/2022	13/08/2022	14/08/2022	15/08/2022	16/08/2022	17/08/2022	18/08/2022	19/08/2022	20/08/2022	21/08/2022	22/08/2022	23/08/2022	24/08/2022	25/08/2022	26/08/2022	27/08/2022	28/08/2022	29/08/2022	30/08/2022	31/08/2022	
Personal	Huelga																															
	Falta de personal																															
	Cambio de guardia	0.58	0.99	0.58	0.91	0.33	0.33			0.66	0.58	0.66	0.91	0.33	0.33	0.66	0.33	0.99	0.66	0.33	0.33	0.33	0.33	0.66	0.66	0.66	0.99	0.66	0.33	0.33	0.66	0.99	17.09
	Falta de personal																																0.00
	Charla de seguridad y revisión de equipos	1.34	0.92	2.34	1.09	1.34		1.00	1.42	0.16	1.84	0.92	1.34	0.17	0.92		0.17	1.09	1.00	0.92	1.92	1.00		0.34	2.17	1.00	2.59	1.83	1.08	0.58	1.50	2.01	34.09
	Personal pasando prueba de descarte															1.00																	1.00
	Queda operativa																																0.00
	Charla de capacitación																																0.00
		1.92	1.91	2.92	2.00	1.67	0.33	1.00	1.42	0.82	2.42	1.58	2.25	0.50	1.25	1.66	0.50	2.08	1.66	1.25	2.25	1.33	0.33	1.00	2.83	1.66	3.58	2.49	1.41	0.91	2.16	3.00	52.09
Operaciones	Detector de metal	1.56	1.00	1.52	1.64	0.83	1.00	0.80	1.09	0.25	0.97	1.25	0.99	1.26	0.90	0.98	0.93	0.48	0.41	0.58	0.32	1.09	0.23	0.63	0.72	0.81	0.58	0.57	0.74	0.41	0.75	0.76	26.09
	Supervision																																0.00
	Cambio de linea																																0.00
	Circuito nuevo																																0.00
	Con 3 chancadoras			0.25									0.58				0.08																0.91
	Silos llenos			4.75		4.41	2.33	3.50	0.58		0.50	8.00					0.83	2.83			1.83	2.33	0.67	0.42									80.15
	Cambio de mineral primario	0.17	0.34	0.51	0.85	0.17	0.43	0.61	0.51	0.17	0.44	0.17	0.51	0.62	0.93	0.34	0.17	0.83	0.34	0.68	0.74	0.52	0.77	0.42	0.77	0.27	0.53	0.68	0.83	0.52	0.52	0.34	15.70
	Cambio de mezcla de mineral																																0.00
	Limpieza de chutes											0.17	0.33	0.17										0.08	0.08	0.08		0.17					1.08
	Sobrecarga																																0.00
	Limpieza																																0.00
	Pasar tripper	0.42	0.68	0.25	0.68	0.50	0.33	0.16	0.49	0.42	0.76	0.59	0.57	0.57	0.75	0.67	0.58	0.51	0.51	0.25	0.67	0.16	0.67	0.59	0.51	0.42	0.42	1.13	0.50	0.51	0.33	0.25	15.83
	Descargar remanente																																0.00
	Descargar zaranadas																																0.00
	Revisión de mallas																																0.00
	Maniobra de contratistas																																0.00
	Mover compuertas																																0.00
	Problema con instrumentación																																0.00
	Circuito cerrado																																0.00
	Se cerro un punto																																0.00
	Normalizar circuito																																0.00
	Poner en operación																																0.00
	Entrar en operación																																0.00
	Falla de carga por mineral humedo o grueso																																0.00
	Con 2 chancadoras																																0.00
	Cambio de circuito																																0.00
	Circuito abierto																																0.00
		2.15	2.02	7.28	3.17	5.91	4.09	5.07	2.67	0.84	2.67	10.01	2.65	2.62	2.93	2.18	2.58	1.82	1.26	1.34	4.06	2.44	1.67	2.14	2.08	1.58	1.53	2.55	2.07	1.44	1.60	1.35	89.74
Mantenimiento	Circuito nuevo no carga																																0.00
	Se levantan mandiles																																0.00
	Se cambio brazo guiadores de polin																																0.00
	Lubricación tractor																								0.25			0.17					0.42
	Mantenimiento cambio de blindaje																																0.00
	Mantenimiento en chute																																0.00
	Mantenimiento programado								1.50	11.25																							12.75
	Revision o mantenimiento de mallas internas											1.17													0.33								1.50
	Retirar enfriador																																0.00
	Operativa																																0.00
	Cambio de cantonera																																0.00
	Cambio o reparación de faja			2.75																													2.75
	Mecanicos en chute de fino																																0.00
	Chute atorado			0.83							1.08	0.25			0.25									0.42	0.09	1.50							4.42
	Bajar mandil																																0.00
	Cambio de mandil deflector																																0.00
	Cambio de polin retorno																												1.58				1.58
	Parada intempestiva			0.08																													0.08
	Problema electrico									3.00							0.50																3.50
	Falta de tractor	0.67				0.75			0.75	0.75	0.67		1.42	0.67					0.75				0.29	1.67	0.67			0.17				1.00	10.19
	Reparaciones electricas	0.33								0.50																						0.33	1.16
	Calibración de balanzas																									1.75							1.75
	Recalibración																																0.00
	Presión baja en bomba de aceite																																0.00
	Reparación mecánica	2.92	0.25			1.83											11.09		1.25	0.92			1.67	6.83		0.83		0.42				0.67	28.68
	Revisión o reparación de zarandas																																0.00
	Revisando o resetar PLC																																0.00
	Revisar indicadores temperatura y presión																																0.00
	Colocaron tope en contrapeso de faja																																0.00
	Cambio de polin de carga																																0.00
	Retiro de platino portamandil																																0.00
	Soldar plancha en chute																																0.00
	Cambio de limpia faja																																0.00
	Cambio de motor de faja																																0.00
	Reparación de polin vertical																																0.00
	Sobrecalentamiento																																0.00
	Mecanicos en rodajes																																0.00
	Temperatura alta																																0.00
	Presión hidraulica baja																																0.00
	Cambio de portamandil																																0.00
	Revisar zero switch			0.25												0.25							0.17	0.08									0.75
	Motor hidraulico fuera de servicio																																0.00
	Cambiaron polines		1.33		1.83											1.75					0.33										1.92		7.16
	Reparación o cambio de chancadora									12.74	0.33	16.00	6.42																				35.49
	Atoro en chancadora	0.25									24.00	0.33																					24.58
	Cambio de motor excentrica																																0.00
	Mantenimiento																																0.00
	Cambio de forros																																0.00
	Cambio de aceite																																0.00
		4.17	1.58	3.91	1.83	2.58	0.00	0.00	2.25	28.24	26.08	17.75	7.84	0.67	0.25	2.00	11.59	0.00	2.00	0.92	0.33	0.00	2.09	9.00	1.34	4.08	0.00	0.76	0.00	1.58	1.92	2.00	136.76
	TBF(dia)	22.08	22.09	21.08	22.00	22.33	23.67	23.00	22.58	23.18	21.58	22.42	21.75	23.50	22.75	22.34	23.50	21.92	22.34	22.75	21.75	22.67	23.67	23.00	21.17	22.34	20.42	21.51	22.59	23.09	21.84	21.00	691.91
	TTR(dia)	4.17	1.58	3.91	1.83	2.58	0.00	0.00	2.25	28.24	26.08	17.75	7.84	0.67	0.25	2.00	11.59	0.00	2.00	0.92	0.33	0.00	2.09	9.00	1.34	4.08	0.00	0.76	0.00	1.58	1.92	2.00	136.76
	N eventos	0.08163265	0.04081633	0.08163265	0.02040816	0.04081633	0	0	0.04081633	0.10204082	0.08163265	0.08163265	0.04081633	0.02040816	0.02040816	0.04081633	0.04081633	0	0.04081633	0.02040816	0.02040816	0	0.06122449	0.08163265	0.08163265	0.06122449	0	0.06122449	0	0.02040816	0.02040816	0.06122449	
	Disponibilidad diaria	81.1141304	92.8474423	81.4516129	91.6818182	88.4460367	100	100	90.0354296	-21.8291631	-20.8526413	20.8296164	63.954023	97.1489362	88.9010989	91.0474485	50.6808511	100	91.0474485	95.956044	88.4827586	100	91.1702577	60.8695652	93.6702881	81.736795	100	96.4667596	100	93.1572109	91.2087912	90.4761905	80.23

	T. REAL PLAN	8481.41
	T. REAL FAJA	136.76
8760		

HORAS DE PARADA DE LA FAJA DE LA LÍNEA 2 EN SEPTIEMBRE DEL 2022

		1/09/2022	2/09/2022	3/09/2022	4/09/2022	5/09/2022	6/09/2022	7/09/2022	8/09/2022	9/09/2022	10/09/2022	11/09/2022	12/09/2022	13/09/2022	14/09/2022	15/09/2022	16/09/2022	17/09/2022	18/09/2022	19/09/2022	20/09/2022	21/09/2022	22/09/2022	23/09/2022	24/09/2022	25/09/2022	26/09/2022	27/09/2022	28/09/2022	29/09/2022	30/09/2022	
Personal	Huelga																														
	Falta de personal																														
	Cambio de guardia		0.33	0.33		0.33	0.66	0.33	0.33	0.33	0.66	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33		0.75	0.33	0.33	0.25	0.33	0.25	0.58	0.58	0.58	0.91	0.33	11.18
	Falta de personal																														0.00
	Charla de seguridad y revisión de equipos		1.08	1.42	1.58	0.17	1.92	1.17		0.25	0.83		0.83	0.17	0.92	0.92	0.75	0.75	0.75	0.83	1.00	0.92	0.58	0.83	0.92	0.92	2.17	0.50	1.34	1.42	1.50	26.44
	Personal pasando prueba de descarte																														0.00
	Queda operativa																														0.00
	Charla de capacitación																														0.00
		0.00	1.41	1.75	1.58	0.50	2.58	1.50	0.33	0.58	1.49	0.33	1.16	0.50	1.25	1.25	1.08	1.08	1.08	0.83	1.75	1.25	0.91	1.08	1.25	1.17	2.75	1.08	1.92	2.33	1.83	37.67
Operaciones	Detector de metal		0.10	0.92	1.06	0.72	0.50	1.06	0.41	0.84	1.00	0.56	1.05	0.80	0.16	0.73	0.67	0.98	1.28	0.66	0.74	0.57	0.42	0.56	0.15	0.41	0.54	0.88	0.72	0.82	0.84	20.13
	Supervisión																															0.00
	Cambio de línea																															0.00
	Circuito nuevo																															0.00
	Con 3 chancadoras							0.17											0.08													0.25
	Silos llenos	24.00	14.42	8.58	0.42	2.25		0.67																	1.08		1.17	0.17	1.25			54.01
	Cambio de mineral primario		0.17	0.34	0.26	0.93	0.34	0.44	0.34	0.17	0.42	0.23	0.48	0.10	0.42	0.94	1.11	0.84	0.59	0.51	0.91	1.11	0.43	0.46	0.41	0.48	0.44	0.70	0.60	0.34		14.51
	Cambio de mezcla de mineral				0.22	0.31		0.07		0.08	0.08																					0.76
	Limpieza de chutes																							0.16								0.16
	Sobrecarga																															0.00
	Limpieza																							0.17								0.17
	Pasar tripper		0.09	0.42	0.25	1.09	0.49		1.04	0.59	1.07	0.85	0.50	0.50	0.32	0.25	0.08	0.17	0.10	0.41	0.92	0.33	0.50	0.32	0.16	0.25		0.08	0.66		0.41	11.83
	Descargar remanente		0.16																		0.17			0.51	0.51		0.17			0.34		1.85
	Descargar zarandas																															0.00
	Revisión de mallas																															0.00
	Maniobra de contratistas																															0.00
	Mover compuertas															0.25						0.08										0.33
	Problema con instrumentación																															0.00
	Circuito cerrado																															0.00
	Se cerro un punto																															0.00
	Normalizar circuito																															0.00
	Poner en operación																															0.00
	Entrar en operación																															0.00
	Falla de carga por mineral humedo o grueso			0.08					0.51					0.17				0.17					0.08		0.17		0.34			0.16	0.16	1.84
	Con 2 chancadoras																															0.00
	Cambio de circuito																															0.00
	Circuito abierto																															0.00
	Se para planta para visitas												0.75																			0.75
		24.00	14.94	10.34	2.31	5.30	1.33	2.41	2.30	1.68	2.57	1.64	2.76	1.57	0.90	2.17	1.86	2.10	2.05	1.66	2.94	2.09	1.43	2.19	1.40	2.22	1.49	2.83	2.33	2.59	1.43	106.64
Mantenimiento	Circuito nuevo no carga																															0.00
	Se levantan mandiles																															0.00
	Se cambio brazo guiadores de polin						0.58																									0.58
	Lubricación tractor			0.25																												0.25
	Mantenimiento cambio de blindaje																1.58															1.58
	Mantenimiento en chute																															0.00
	Mantenimiento programado								10.67																						1.17	11.83
	Revision o mantenimiento de mallas internas																															0.00
	Retirar enfriador																															0.00
	Operativa																															0.00
	Cambio de cantonera																															0.00
	Cambio o reparación de faja																															0.00
	Mecanicos en chute de fino																															0.00
	Chute atorado					0.17		2.08																								2.25
	Bajar mandil																															0.00
	Cambio de mandil deflector																															0.00
	Cambio de polin retorno																															0.00
	Parada intempestiva																										0.17					0.17
	Problema electrico												0.58								2.83									1.08		4.49
	Falta de tractor			1.08	0.83	0.75	0.75	0.67		0.58	0.25	1.08		0.67	0.58				0.17								0.25		0.67			8.33
	Reparaciones electricas																														0.50	0.50
	Calibración de balanzas												0.67				0.58															1.25
	Recalibración																															0.00
	Presión baja en bomba de aceite																															0.00
	Reparación mecánica					2.00																				0.17	0.67	1.75				4.59
	Revisión o reparación de zarandas																															0.00
	Revisando o resetar PLC																															0.00
	Revisar indicadores temperatura y presión																															0.00
	Colocaron tope en contrapeso de faja																															0.00
	Cambio de polin de carga																															0.00
	Retiro de platino portamandil																															0.00
	Soldar plancha en chute																															0.00
	Cambio de limpia faja																															0.00
	Cambio de motor de faja																															0.00
	Reparación de polin vertical																															0.00
	Sobrecalentamiento																															0.00
	Mecanicos en rodajes																															0.00
	Temperatura alta																															0.00
	Presión hidraulica baja																															0.00
	Cambio de portamandil																															0.00
	Revisar zero switch																							0.42								0.42
	Motor hidraulico fuera de servicio																															0.00
	Cambiaron polines							1.92												1.67										1.17		4.76
	Reparación o cambio de chancadora		9.58	8.00	3.25			4.25																								25.08
	Atoro en chancadora																		1.67													1.67
	Cambio de motor excentrica																															0.00
	Mantenimiento															9.00																9.00
	Cambio de forros																															0.00
	Cambio de aceite																															0.00
		0	9.58	9.33	4.08	2.92	1.33	8.92	10.67	0.58	0.25	1.08	1.25	0.67	0.58	9.00	2.16	0.00	1.84	1.67	2.83	0.00	0.00	0.42	0.00	0.17	1.09	1.75	1.84	1.08	1.67	76.76

TBF(dia)	24.00	22.59	22.25	22.42	23.50	21.42	22.50	23.67	23.42	22.51	23.67	22.84	23.50	22.75	22.75	22.92	22.92	22.92	23.17	22.25	22.75	23.09	22.92	22.75	22.83	21.25	22.92	22.08	21.67	22.17	682.40
TTR(dia)	0	9.58	9.33	4.08	2.92	1.33	8.92	10.67	0.58	0.25	1.08	1.25	0.67	0.58	9	2.16	0	1.84	1.67	2.83	0	0	0.42	0	0.17	1.09	1.75	1.84	1.08	1.67	76.76
N eventos	0	0.02040816	0.06122449	0.04081633	0.06122449	0.04081633	0.08163265	0.02040816	0.02040816	0.02040816	0.02040816	0.02040816	0.04081633	0.02040816	0.02040816	0.04081633	0	0.04081633	0.02040816	0.02040816	0	0	0.02040816	0	0.02040816	0.06122449	0.02040816	0.04081633	0.02040816	0.04081633	
Disponibilidad diaria	100	57.5918548	58.0674157	81.8019625	87.5744681	93.7908497	60.3555556	54.921842	97.5234842	98.8893825	95.4372624	94.5271454	97.1489362	97.4505495	60.4395604	90.5759162	100	91.9720768	92.792404	87.2808989	100	100	98.1675393	100	99.2553657	94.8705882	92.3647469	91.6666667	95.0161514	92.4672982	88.75



37.6

106.64

8760

T. REAL PLAN 8539.00

T. REAL FAJA 8683.24

HORAS DE PARADA DE LA FAJA DE LA LÍNEA 2 EN OCTUBRE DEL 2022

		1/10/2022	2/10/2022	3/10/2022	4/10/2022	5/10/2022	6/10/2022	7/10/2022	8/10/2022	9/10/2022	10/10/2022	11/10/2022	12/10/2022	13/10/2022	14/10/2022	15/10/2022	16/10/2022	17/10/2022	18/10/2022	19/10/2022	20/10/2022	21/10/2022	22/10/2022	23/10/2022	24/10/2022	25/10/2022	26/10/2022	27/10/2022	28/10/2022	29/10/2022	30/10/2022	31/10/2022		
Personal	Huelga																																
	Falta de personal																																
	Cambio de guardia	0.99	0.25	0.33	0.33	0.58	0.58	0.58	0.33	0.33		0.33	0.33	0.33	1.00	0.33	0.58	0.33		0.66	0.58	0.33	0.25	0.58		0.66	0.66	0.58	0.58		0.58	0.99	13.48	
	Falta de personal											16.00	5.67																				21.67	
	Charla de seguridad y revisión de equipos	2.17	0.75	0.50	0.75	1.08	2.91	1.34	0.17	0.17	0.83	1.83		0.17	1.84	1.25	0.83	0.92	0.50	0.92	1.75	1.00	1.84	0.92	0.17	1.25	1.25	1.59	1.91	0.25	2.17	2.66	35.68	
	Personal pasando prueba de descarte																																0.00	
	Queda operativa																																0.00	
	Charla de capacitación																																0.00	71.34
		3.16	1.00	0.83	1.08	1.66	3.49	1.92	0.50	0.50	0.83	18.16	6.00	0.50	2.84	1.58	1.41	1.25	0.50	1.58	2.33	1.33	2.09	1.50	0.17	1.91	1.91	2.17	2.49	0.25	2.75	3.65	71.32	
Operaciones	Detector de metal	0.81	0.73	0.93	1.26	0.32	1.18	1.01	0.94	2.00	1.16	0.26	0.08	1.07	1.00	0.51	0.51	1.38	0.89	0.69	0.24	0.24	0.24	0.49	0.89	0.79	1.14	0.47	0.47	0.57	0.73	1.67	24.01	
	Supervision																																0.00	
	Cambio de linea																																0.00	
	Circuito nuevo																																0.00	
	Con 3 chancadoras																															0.17	0.17	
	Silos llenos						0.33		1.75		0.50					11.00	12.00	3.42	9.58	6.58			2.16	3.67	3.58	0.92				1.00			56.49	
	Cambio de mineral primario	0.69	0.53	0.27	0.17	0.08					0.17			0.68	0.51		0.08	0.39	0.27	0.69	0.34	0.18	0.61	0.60	0.77	0.78	0.66	0.92	0.62	0.72	1.04	0.86	12.01	
	Cambio de mezcla de mineral																																0.00	
	Limpieza de chutes	0.08	0.08	0.25		0.17	0.17	0.33		0.16	0.16			0.33		0.17		0.08	0.08				0.08	0.16			0.08			0.08			2.40	
	Sobrecarga																																0.00	
	Limpieza																														0.16	0.17	0.33	
	Pasar tripper	0.50			0.16	0.25		0.83	1.15	0.57	0.83	0.08		0.50	0.32	0.16	0.24	0.16	0.08	0.24	0.41	1.16	0.81	0.57	0.16	0.58	0.94	0.34	0.33	0.49	0.08	0.24	12.17	
	Descargar remanente		0.42		0.51						0.17			0.17	0.17								0.17							0.17			1.70	
	Descargar zaranadas																																0.00	
	Revisión de mallas																																0.00	
	Maniobra de contratistas																																0.00	
	Mover compuertas	0.50				0.33																											0.83	
	Problema con instrumentación																																0.00	
	Circuito cerrado																																0.00	
	Se cerro un punto																																0.00	
	Normalizar circuito																																0.00	
	Poner en operación																																0.00	
	Entrar en operación																																0.00	
	Falta de carga por mineral humedo o grueso		0.17			0.34							0.66	0.24	0.08						0.17	0.25			0.34	0.25							2.50	
	Con 2 chancadoras																																0.00	
	Cambio de circuito																																0.00	
	Circuito abierto																																0.00	
	Se para planta para visitas																																0.00	113.94
		2.58	1.93	1.45	2.10	1.49	1.68	2.17	3.84	2.73	2.99	0.34	0.74	2.99	2.08	11.84	12.83	5.43	10.90	8.20	1.16	1.83	4.07	5.49	5.74	3.32	2.82	1.75	1.99	2.86	2.00	3.83	113.74	
Mantenimiento	Circuito nuevo no carga																																0.00	
	Se levantan mandiles																																0.00	
	Se cambio brazo guiadores de polin																																0.00	
	Lubricación tractor		0.17																														0.17	
	Mantenimiento cambio de blindaje																															5.50	5.50	
	Mantenimiento en chute																																0.00	
	Mantenimiento programado				1.83	11.42																											13.25	
	Revision o mantenimiento de mallas internas																																0.00	
	Retirar enfriador																																0.00	
	Operativa																																0.00	
	Cambio de cantonera																																0.00	
	Cambio o reparación de faja														0.17																		0.17	
	Mecanicos en chute de fino																																0.00	
	Chute atorado							0.25																									0.25	
	Bajar mandil																																0.00	
	Cambio de mandil deflector																																0.00	
	Cambio de polin retorno			0.50						0.25																							0.75	
	Parada Intempestiva																																0.00	
	Problema electrico									0.50			0.92																	0.50			1.92	
	Falta de tractor	0.67			0.75		0.42	1.58		0.92				0.67	0.67	0.83		0.75	1.17							0.75	0.67	0.50	0.17	0.25			10.77	
	Reparaciones electricas											1.83	8.00	2.42											2.83								15.08	
	Calibración de balanzas																																0.00	
	Recalibración																																0.00	
	Presión baja en bomba de aceite																																0.00	
	Reparación mecánica										5.50		5.00									1.83	0.33		4.84	1.42		1.17	1.83				21.58	
	Revisión o reparación de zarandas							5.08																									5.08	
	Revisando o resetar PLC																																0.00	
	Revisar indicadores temperatura y presión																																0.00	
	Colocaron tope en contrapeso de faja																																0.00	
	Cambio de polin de carga																																0.00	
	Retiro de platino portamandil																																0.00	
	Soldar plancha en chute																																0.00	
	Cambio de limpia faja																																0.00	
	Cambio de motor de faja																																0.00	
	Reparación de polin vertical																																0.00	
	Sobrecalentamiento																																0.00	
	Mecanicos en rodajes																																0.00	
	Temperatura alta																																0.00	
	Presión hidraulica baja																																0.00	
	Cambio de portamandil										2.75																						2.75	
	Revisar zero switch																								0.50								0.50	
	Motor hidraulico fuera de servicio																																0.00	
	Cambiaron polines															1.58																	1.58	
	Reparación o cambio de chancadora																									3.00							3.00	
	Atoro en chancadora																																0.00	
	Cambio de motor excentrica																																0.00	
	Mantenimiento																																0.00	8760
	Cambio de forros																																0.00	
	Cambio de aceite																																0.00	
	Reparación en polea de cola				0.58																												0.58	83.27
		0.67	0.17	0.50	3.16	11.42	0.42	6.91	0.00	1.67	10.08	8.00	8.34	0.67	0.84	2.41	0.00	0.75	1.17	0.00	0.00	1.83	0.33	0.00	8.17	2.17	3.67	1.67	2.00	0.75	0.00	5.50	83.27	268.55
	TBF(dia)	20.84	23.00	23.17	22.92	22.34	20.51	22.08	23.50	23.50	23.17	5.84	18.00	23.50	21.16	22.42	22.59	22.75	23.50	22.42	21.67	22.67	21.91	22.50	23.83	22.09	22.09	21.83	21.51	23.75	21.25	20.35	672.66	
	TTR(dia)	0.67	0.17	0.50	3.16	11.42	0.42	6.91	0.00	1.67	10.08	8.00	8.34	0.67	0.84	2.41	0.00	0.75	1.17	0.00	0.00	1.83	0.33	0.00	8.17	2.17	3.67	1.67	2.00	0.75	0.00	5.50	83.27	
	N eventos	0.02	0.02	0.02	0.06	0.02	0.02	0.06	0	0.06	0.06	0.02	0.06	0.02	0.04	0.04	0	0.02	0.02	0	0	0.02	0.02	0	0.06	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0	0.02		
	Disponibilidad diaria	96.7850288	99.2608696	97.8420371	86.2129145	48.8809311	97.9522184	68.7047101	100	92.893617	56.4954683	-36.9863014	53.6666667	97.1489362	96.0302457	89.250669	100	96.7032967	95.0212766	100	100	91.9276577	98.4938384	100	65.7154847	90.1765505	83.3861476	92.3499771	90.7019991	96.8421053	100	72.972973	87.62	

T. REAL PLANTA	8491.45
T. REAL FAJA	8676.73

HORAS DE PARADA DE LA FAJA DE LA LÍNEA 2 EN NOVIEMBRE DEL 2022

		1/11/2022	2/11/2022	3/11/2022	4/11/2022	5/11/2022	6/11/2022	7/11/2022	8/11/2022	9/11/2022	10/11/2022	11/11/2022	12/11/2022	13/11/2022	14/11/2022	15/11/2022	16/11/2022	17/11/2022	18/11/2022	19/11/2022	20/11/2022	21/11/2022	22/11/2022	23/11/2022	24/11/2022	25/11/2022	26/11/2022	27/11/2022	28/11/2022	29/11/2022	30/11/2022				
Personal	Huelga																																	
	Falta de personal																																	
	Cambio de guardia		1.67	1.25	0.91	1.25	1.17	1.00	0.58	0.42	0.42	1.08		0.75	0.42	0.42	1.17		0.58	1.08		0.33	0.33									14.83		
	Falta de personal																															0.00		
	Charla de seguridad y revisión de equipos	0.50	0.83	0.50	0.42	0.50	0.30	0.33	1.00	0.75	0.75	0.75	0.92	1.00	1.17	1.08	0.83	0.50	0.92	0.83	0.92	0.34	0.17	0.33	0.33	0.32		0.83	0.33	0.42	0.50	18.37		
	Personal pasando prueba de descarte																															0.00		
	Queda operativa																															0.00		
	Charla de capacitación																															0.00	33.2	
		0.50	2.50	1.75	1.33	1.75	1.47	1.33	1.58	1.17	1.17	1.83	0.92	1.75	1.59	1.50	2.00	0.50	1.50	1.91	0.92	0.67	0.50	0.33	0.33	0.32	0.00	0.83	0.33	0.42	0.50	33.20		
Operaciones	Detector de metal	0.56	0.84	0.34	0.23	0.92	0.66	0.50	0.49	0.16	0.64	0.32	1.05	0.34	0.32	0.49	0.42	0.16	0.48	0.32	0.33	0.08	0.08	0.50	0.34	0.16	0.16	0.34	0.16	0.26	0.18	13.72		
	Supervision																															0.00		
	Cambio de linea								0.27	0.08		0.10																				0.45		
	Circuito nuevo								0.35																							0.35		
	Con 3 chancadoras																															0.00		
	Silos llenos	5.17	2.59	8.01	6.08	4.42		6.76	4.83	11.17	1.00	2.08	4.16	0.92	2.92	3.75	1.58	6.92	0.67	4.42	5.83	4.50	8.15	8.00	10.00	10.00	6.60	7.00	8.30	4.13	7.80	157.70		
	Cambio de mineral primario						0.25	0.44			0.49	0.75	0.64	0.33	0.39	0.68	0.92	0.44	0.97	0.58	0.85	0.09	0.25	0.17			0.09		0.08		0.17	8.56		
	Cambio de mezcla de mineral																						0.09			0.17				0.07		0.33		
	Limpieza de chutes																		0.17													0.17		
	Sobrecarga								0.42		0.26																					0.68		
	Limpieza																															0.00		
	Pasar tripper																		0.41		0.17	0.08					0.08					0.74		
	Descargar remanente									0.42					0.26																	0.68		
	Descargar zaranadas																															0.00		
	Revisión de mallas																															0.00		
	Maniobra de contratistas																															0.00		
	Mover compuertas									0.07	0.08	0.08	0.07	0.08		0.08		0.08	0.17	0.25	0.25	0.17	0.42									1.85		
	Problema con instrumentación																															0.00		
	Circuito cerrado										0.27	0.08																	0.08			0.43		
	Se cerro un punto																															0.00		
	Normalizar circuito																															0.00		
	Poner en operación																															0.00		
	Entrar en operación																															0.00		
	Falla de carga por mineral humedo o grueso																															0.00		
	Con 2 chancadoras																															0.00		
	Cambio de circuito																															0.00		
	Circuito abierto								0.08								0.10					0.08										0.26		
	Se para planta para visitas																															0.00	184.06	
		5.73	3.43	8.35	6.31	5.34	0.91	7.70	6.44	11.90	2.25	3.41	5.92	3.07	3.89	5.00	3.00	7.69	2.83	5.17	7.43	5.09	9.09	9.03	10.34	10.18	6.93	7.34	8.62	4.96	8.12	184.09		
Mantenimiento	Circuito nuevo no carga																															0.00		
	Se levantan mandiles																															0.00		
	Se cambio brazo guiadores de polin																															0.00		
	Lubricación tractor																															0.00		
	Mantenimiento cambio de blindaje			4.17																												4.17		
	Mantenimiento en chute																															0.00		
	Mantenimiento programado					2.00	11.00				1.50	10.58																				25.08		
	Revision o mantenimiento de mallas internas																															0.00		
	Retirar enfriador																															0.00		
	Operativa																															0.00		
	Cambio de cantonera																															0.00		
	Cambio o reparación de faja																															0.00		
	Mecanicos en chute de fino																															0.00		
	Chute atorado																				1.25											1.25		
	Bajar mandil																															0.00		
	Cambio de mandil deflector																															0.00		
	Cambio de polin retorno																															0.00		
	Parada intempestiva		0.17											0.50																		0.67		
	Problema electrico	0.17	0.34	0.15	0.42			0.42						2.67						0.25												4.42		
	Falla de tractor			0.42																		1.00	1.50	0.42	0.58	0.50	0.42		0.42			5.84		
	Reparaciones electricas													0.42																		0.42		
	Calibración de balanzas				0.17											0.17																0.34		
	Recalibración																															0.00		
	Presión baja en bomba de aceite																															0.00		
	Reparación mecánica	0.33			1.17													0.08														1.58		
	Revisión o reparación de zarandas																	4.50														4.50		
	Revisando o resetar PLC																															0.00		
	Revisar indicadores temperatura y presión																															0.00		
	Colocaron tope en contrapeso de faja																															0.00		
	Cambio de polin de carga	1.17				1.75																										2.92		
	Retiro de platino portamandil																															0.00		
	Soldar plancha en chute																															0.00		
	Cambio de limpia faja																															0.00		
	Cambio de motor de faja																															0.00		
	Reparación de polin vertical																															0.00		
	Sobrecalentamiento																															0.00		
	Mecanicos en rodajes																															0.00		
	Temperatura alta																															0.00		
	Presión hidraulica baja																										0.25					0.25		
	Cambio de portamandil																	1.25														1.25		
	Revisar zero switch													0.50																		0.50		
	Motor hidraulico fuera de servicio																															0.00		
	Cambiaron polines																															0.00		
	Reparación o cambio de chancadora				0.17											0.17																0.34		
	Atoro en chancadora																															0.00		
	Cambio de motor excentrica																															0.00		
	Mantenimiento					2.00	11.00				1.50	10.58																				25.08		8760	
	Cambio de forros																															0.00		
	Cambio de aceite																															0.00		
	Reparación en polea de cola																															0.00		
	Reponer pernos				3.25																											3.25		
	Cambio de repisas																			2.75												2.75	84.03	T. REAL PLAN	8458.71
		1.67	0.51	4.74	5.18	5.75	22.00	0.42	0.00	0.00	1.00	21.16	0.00	4.09	0.00	0.34	0.00	5.83	0.00	3.00	1.25	1.00	1.50	0.42	0.58	0.50	0.67	0.00	0.42	0.00	0.00	84.03	301.29	
																																	T. REAL FAJA	8675.97

TBF(dia)	23.50	21.50	22.25	22.67	22.25	22.53	22.67	22.42	22.83	22.83	22.17	23.08	22.25	22.41	22.50	22.00	23.50	22.50	22.09	23.08	23.33	23.50	23.67	23.67	23.68	24.00	23.17	23.67	23.58	23.50	686.80	
TTR(dia)	1.67	0.51	4.74	5.18	5.75	22.00	0.42	0.00	0.00	3.00	21.16	0.00	4.09	0.00	0.34	0.00	5.83	0.00	3.00	1.25	1.00	1.50	0.42	0.58	0.50	0.67	0.00	0.42	0.00	0.00	84.03	
N eventos	0.05769231	0.03846154	0.05769231	0.09615385	0.05769231	0.03846154	0.01923077	0	0	0.03846154	0.03846154	0	0.07692308	0	0.03846154	0	0.05769231	0	0.03846154	0.01923077	0.01923077	0.01923077	0.01923077	0.01923077	0.01923077	0.03846154	0	0.01923077	0	0			
Disponibilidad diaria	92.893617	97.627907	78.6966292	77.1504191	74.1573034	2.352419	98.1473313	100	100	86.8593955	4.55570591	100	81.6179775	100	98.4888889	100	75.1914894	100	86.4191942	94.5840555	95.7136734	93.6170213	98.225602	97.5496409	97.8885135	97.2083333	100	98.225602	100	100	87.76		

HORAS DE PARADA DE LA FAJA DE LA LÍNEA 2 EN DICIEMBRE DEL 2022

		1/12/2022	2/12/2022	3/12/2022	4/12/2022	5/12/2022	6/12/2022	7/12/2022	8/12/2022	9/12/2022	10/12/2022	11/12/2022	12/12/2022	13/12/2022	14/12/2022	15/12/2022	16/12/2022	17/12/2022	18/12/2022	19/12/2022	20/12/2022	21/12/2022	22/12/2022	23/12/2022	24/12/2022	25/12/2022	26/12/2022	27/12/2022	28/12/2022	29/12/2022	30/12/2022	31/12/2022				
Personal	Huelga																	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	360.00			
	Falta de personal																															0.00			
	Cambio de guardia					0.33		0.33		0.42			0.33	0.92	1.42	0.42																4.17			
	Falta de personal																															0.00			
	Charla de seguridad y revisión de equipos	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	1.00	1.42	1.33		0.50			1.00	0.75	0.50	0.83															9.83			
	Personal pasando prueba de descarte																															0.00			
	Queda operativa																															0.00			
	Charla de capacitación																															0.00	374.00		
		0.50	0.50	0.50	0.50	0.83	1.00	1.75	1.33	0.42	0.50	0.00	0.33	1.92	2.17	0.92	0.83	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	374.00			
Operaciones	Detector de metal	0.26	0.65	0.24	0.92	0.90	0.58	0.49	0.43	0.49	0.07		0.18	0.75	1.50	0.88	0.67															8.07			
	Supervision																															0.00			
	Cambio de linea																															0.00			
	Circuito nuevo																															0.00			
	Con 3 chancadoras												0.08																			0.08			
	Silos llenos	2.92	9.16	6.50	3.17	5.08	2.60	3.90	3.34	0.92	4.83			3.75		1.42	8.16															55.98			
	Cambio de mineral primario			0.34						0.07				0.17	0.51	0.68	0.17															1.94			
	Cambio de mezcla de mineral			0.09		0.11								0.34			0.25															0.79			
	Simpieza de chutes	0.08																														0.08			
	Sobrecarga																															0.00			
	Limpieza																															0.00			
	Pasar tripper				0.17		0.08	0.68	0.08																							1.01			
	Descargar remanente																															0.00			
	Descargar zarandas																															0.00			
	Revisión de mallas																															0.00			
	Maniobra de contratistas																															0.00			
	Mover compuertas																															0.00			
	Problema con instrumentación																															0.00			
	Circuito cerrado						0.08		0.10	0.08	0.09																					0.35			
	Se cerro un punto																															0.00			
	Normalizar circuito																															0.00			
	Poner en operación																															0.00			
	Entrar en operación																															0.00			
	Falta de carga por mineral humedo o grueso												2.58																			2.58			
	Con 2 chancadoras																															0.00			
	Cambio de circuito																															0.00			
	Circuito abierto				0.25	0.08	0.17	0.08	0.08	0.08	0.08																					0.82			
	Se para planta para visitas																															0.00	72.42		
		3.26	9.81	7.17	4.51	6.17	3.51	5.15	4.03	1.64	5.07	0.00	2.84	5.01	2.01	2.99	9.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	72.42			
Mantenimiento	Circuito nuevo no carga																															0.00			
	Se levantan mandiles																															0.00			
	Se cambio brazo guiadores de polin																															0.00			
	Lubricación tractor																															0.00			
	Mantenimiento cambio de blindaje																															0.00			
	Mantenimiento en chute																															0.00			
	Mantenimiento programado																															0.00			
	Revision o mantenimiento de mallas internas																															0.00			
	Retirar enfriador																															0.00			
	Operativa																															0.00			
	Cambio de cantonera																															0.00			
	Cambio o reparación de faja																															0.00			
	Mecanicos en chute de fino																															0.00			
	Chute atorado																															0.00			
	Bajar mandil																															0.00			
	Cambio de mandil deflector																															0.00			
	Cambio de polin retorno																															0.00			
	Parada intempestiva												0.17																			0.17			
	Problema electrico		0.34		0.42			0.42					1.00							0.25													2.43			
	Falta de tractor		0.33	0.42	0.42	0.42	0.75	0.17		0.33	0.34			0.83	0.33	0.25																4.29			
	Reparaciones electricas												2.67																			2.67			
	Calibración de balanzas																															0.00			
	Recalibración																															0.00			
	Presión baja en bomba de aceite												2.00																			2.00			
	Reparación mecánica									3.17	1.75			0.17																		5.09			
	Revisión o reparación de zarandas																															0.00			
	Revisando o resetar PLC																															0.00			
	Revisar indicadores temperatura y presión																															0.00			
	Colocaron tope en contrapeso de faja																															0.00			
	Cambio de polin de carga																															0.00			
	Retiro de platino portamandil																															0.00			
	Soldar plancha en chute																															0.00			
	Cambio de limpia faja																															0.00			
	Cambio de motor de faja																															0.00			
	Reparación de polin vertical																															0.00			
	Sobrecalentamiento																															0.00			
	Mecanicos en rodajes																															0.00			
	Temperatura alta																															0.00			
	Presión hidraulica baja																															0.00			
	Cambio de portamandil																															0.00			
	Revisar zero switch										0.58																					0.58			
	Motor hidraulico fuera de servicio																															0.00			
	Cambiaron polines								0.42																							0.42			
	Reparación o cambio de chancadora																															0.00			
	Atoro en chancadora																															0.00			
	Cambio de motor excentrica																															0.00			8760
	Mantenimiento										1.50	10.58																				12.08			
	Cambio de forros																															0.00			
	Cambio de aceite																															0.00			
	Reparación en polea de cola																															0.00			
	Reparación de empalme													0.58																		0.58			
	Salto termico										0.5																					0.50	31.11	T. REAL PLAN	8282.47
		0	0.67	0.42	0.84	0.42	0.75	0.59	0.42	3.50	4.67	10.58	5.84	1.58	0.33	0.25	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.11	477.53		
																																		T. REAL FAJA	8728.89

TBF(dia)	23.50	23.50	23.50	23.50	23.17	23.00	22.25	22.67	23.58	23.50	24.00	23.67	22.08	21.83	23.08	23.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	170.00			
TTR(dia)	0.00	0.67	0.42	0.84	0.42	0.75	0.59	0.42	3.50	4.67	10.58	5.84	1.58	0.33	0.25	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.11			
N eventos	0	0.03846154	0.01923077	0.03846154	0.01923077	0.01923077	0.03846154	0.01923077	0.03846154	0.09615385	0.01923077	0.07692308	0.05769231	0.01923077	0.01923077	0	0	0	0.01923077	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
Disponibilidad diaria	100	97.1489362	98.212766	96.4255319	98.1873112	96.7391304	97.3483146	98.1473313	85.1589126	80.1276596	55.9166667	75.3274187	92.8442029	98.4883188	98.9168111	100	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	91.59			
NC = no calculable																																			

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Anexo 7

Memorandum de compromiso

SHOUGANG HIERRO PERÚ S.A.A.
MEMORANDUM - NUEVO PROYECTO

A :
Fecha:

De :
Archivo:

Asunto : **AUTORIZACIÓN DE IMPLEMENTACIÓN DE NUEVOS MANTENIMIENTOS**
Copias:

Nº :

Ref. Nº :

Por medio del presente, hago de su conocimiento que se busca la **AUTORIZACIÓN Y COMPROMISO**, de todas las áreas involucradas en el desarrollo del nuevo proyecto que busca la implementación del Mantenimiento Productivo Total, respaldado por Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.

Se extiende a su conocimiento que este documento respalda su apoyo al proyecto a través de reuniones, diarias, semanales y mensuales o las que el caso acredite; así mismo el seguimiento y supervisión del cumplimiento de las actividades delegadas y pactadas en dichas reuniones. Siendo de su conocimiento que de lo contrario se autoriza la amonestación de no cumplirse con lo establecido.

Atentamente,

APROBADO:

V°B°

Jefe Dpto. Administración de Contratos

Sub Gerente de Ingeniería

Superintende de Mina

Gerente de Ingeniería

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Anexo 8

Acta de reunión

ACTA DE REUNIÓN	
Proyectos:	
Contrato:	
Empresa:	
Asunto:	Acta Nro.
Agenda:	Fecha: Hora de Inicio: Hora de Termino:
Sostenida en:	

Participantes:	Cargos:	Empresa:	Firma:

Nro.	Acuerdos	Fecha	Responsable.
1			
1.1			
1.2			
1.3			
1.4			
1.5			
1.6			

CONCLUSIONES

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ANEXO 9
FORMATO DE INSPECCIÓN DIARIA DE PERNOS

Shougang Hierro Perú S.A.A
Planeamiento y Programación de Mantenimiento

HOJA DE INSPECCION MECANICA
PERNOS (EN BLINDAJES Y FUGAS)
NUEVO SISTEMA CHANCADO Y TRANSFERENCIA

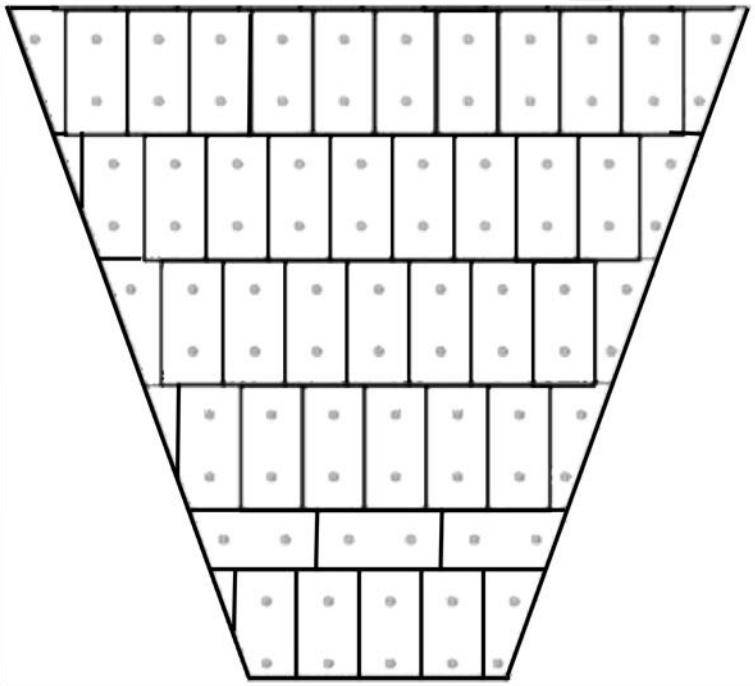
Cod:
Fecha Rev:

EMPRESA EJECUTORA:		
FECHA: ___/ ____/_____		**ORDEN TRABAJO :**
6 DIGITOS DE EQUIPO :	**HR. INICIO:**	**HR. FINAL:**

PERSONAL:

01.-

02.-



Otras Observaciones en el sistema:

EJECUTADO	SUPERVISADO	RECEPCIONADO SHP
.....	.....	.....
Nombre y Apellido	Nombre y Apellido	Nombre y Apellido

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

FORMATO DE INSPECCIÓN DIARIA DE POLINES

Shougang Hierro Perú. S.A.A
Planeamiento y Programación de Mantenimiento

HOJA DE INSPECCIÓN MECÁNICA
POLINES Y RASPADORES
NUEVO SISTEMA DE CHANCADO Y TRANSFERENCIA

Cód:
Fecha Rev.

06 DIGITOS		N° OT	
UBICACIÓN		FECHA	

Estructura / Referencia:
- Número de estructura o ubicación referencial (puente, casetas, poleas, etc.).

Elemento:
- Polin o base (bastidor).

Tipo:
- Carga, impacto, retorno o guiador.

Base:
- Numero de base entre estructuras.

Lado:
- Colocar A (polin lado derecho), B (polin lado izquierdo) o C (polin central) tomando como referencia dirección de faja.

Modo de Falla:
- Dañado, faltante, desbocado, sonido, etc.

Estructura / Ref.	Elemento	Tipo	Base	Lado	Modo Falla

OBSERVACIONES

ESTADO DE LIMPIADORES		
PRIMARIO	SECUNDARIO	COLA O RETORNO EN "V"

Ejecutor contratista:		Supervisor Contratista:		Recepción Planeamiento (SHP) :	

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Anexo 10

Formato de IPERC

IPERC CONTINUO

PARA SER LLENADO POR LOS TRABAJADORES

ACTIVIDAD:

Fecha	Hora	Nivel/Área	Apellidos y Nombres	Firma

* Usar como guía el IPERC Línea Base - Campo

* * Para los riesgos NO ACEPTABLES (1 al 5), NO se deberá iniciar la tarea hasta Implementar controles de mejora que permita reducir el riesgo a un nivel ACEPTABLE (6 al 25).

Descripción del Peligro	Consecuencia	Medidas de Controles Actuales	Evaluación de Riesgos con Controles Actuales			Medidas de Controles de Mejora	Reevaluación de Riesgos No Aceptables con Controles de Mejora		
			A	M	B		A	M	B

Tema de Reunión Grupal Diaria :

PARA SER LLENADO POR EL SUPERVISOR

Secuencia para controlar el Peligro y reducir el Riesgo	Responsable
1.-	1.-
2.-	2.-
3.-	3.-
4.-	4.-
5.-	5.-

DATOS DE LOS SUPERVISORES RESPONSABLES

Hora	Apellidos y Nombres	Medida Correctiva	Firma

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Anexo 11

Formato de IPERC

Reunión de Programa de Capaitación

Asunto	
Fecha de la reunión	
Lugar	
Tiempo estimado	
Responsable del Acta	
Participantes/Firma/Empresa	1.- 2.- 3.- 4.- 5.- 6.- 7.- 8.- 9.- 10.- 11.- 12.- 13.- 14.- 15.- 16.-

pág. 1

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis