

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA MECÁNICA Y DE ENERGÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**“PLAN DE COMISIONAMIENTO Y  
MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE UN  
RECOLECTOR DE MINERAL DE 3000 Tn/h PARA  
SUMINISTRO DE HIERRO A UNA PLANTA DE  
PROCESOS. MARCONA - ICA”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO MECÁNICO

**PEDRO PAUL GARDI PRUDENCIO**

Callao, 2018

PERÚ





## **DEDICATORIA**

A mi madre Delia, ser maravilloso que siempre está alentándome a seguir adelante.

A mi padre Fredy por estar siempre en los momentos buenos y malos.

A mi hermano Christian por ser un ejemplo de superación en la vida.

A toda mi familia por mostrarme siempre sus buenos deseos.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi asesor por haberme ayudado en todo el proceso de elaboración de la presente.

A mis colegas que me motivaron en todo momento ayudaron a poder.

A los profesores que hicieron su mejor esfuerzo durante las clases de tesis.

## INDICE

RESUMEN.....	7
ABSTRAC.....	8
INTRODUCCIÓN.....	9
CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA.....	10
1.1 Descripción de la realidad problemática.....	10
1.2 Formulación del problema.....	11
1.2.1 Problema general.....	11
1.2.2 Problemas específicos.....	11
1.3 Objetivos.....	11
1.3.1 Objetivo general.....	11
1.3.2 Objetivos específicos.....	12
1.4 Delimitación de la investigación.....	12
1.4.1 Teórica.....	12
1.4.2 Temporal.....	12
1.4.3 Espacial.....	12
1.5 Justificación.....	13
1.5.1 Justificación legal.....	13
1.5.2 Justificación Tecnológica.....	13
1.5.3 Justificación Económica.....	13
CAPITULO II.MARCO TEÓRICO.....	14
2.1 Antecedentes.....	14
2.2 Marco teórico y conceptual.....	19
2.2.1 Marco teórico.....	19
2.2.2 Marco Conceptual.....	23
2.3 Definición de términos básicos.....	27
CAPÍTULO III. HIPOTESIS Y VARIABLES.....	29
3.1 Hipótesis.....	29
3.1.1 Hipótesis General.....	29
3.1.2 Hipótesis Específicas.....	29
3.2 Definición de variables.....	29

3.3 Operacionalización de las variables .....	30
CAPITULO IV. DISEÑO METODOLÓGICO .....	32
4.1 Tipo y diseño de la investigación .....	32
4.1.1 Parámetros de diseño .....	32
4.1.2 Etapas de diseño.....	69
4.2 Población y muestra .....	99
4.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	100
4.4 Técnicas e instrumentos para la recolección de información de campo.....	100
4.5 Análisis y procesamiento de datos .....	101
CAPITULO V. RESULTADOS .....	102
CAPITULO VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	103
6.1 Contrastación de la hipótesis.....	103
6.2 Contrastación de los resultados con estudios similares .....	104
6.3 Responsabilidad ética.....	104
CONCLUSIONES .....	106
RECOMENDACIONES .....	107
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	108

## LISTA DE FIGURAS

Figura No. 1.1 Vista de planta del area de trabajo del recolector de mineral.....	10
Figura No. 4.1 Partes principales del recolector de mineral .....	34
figura no. 4.2 Equipo de traslación .....	36
figura no. 4.3 Unidad de accionamiento del equipo de traslación.....	37
Figura No. 4.4 Dispositivo de lubricación del equipo de traslación.....	38
Figura No. 4.5 Tambor recolector.....	40
Figura No. 4.6 Anillos de rodadura .....	41
Figura No. 4.7 Accionamiento del tambor.....	43
Figura No. 4.8 Unidad de transmisión del tambor .....	44
Figura No. 4.9 Equipo de lubricación del piños de impulsión lado a....	46
Figura No. 4.10 Equipo de lubricación del piñon de impulsión del tambor lado a.....	47
Figura No. 4.11 Equipo de lubricación de los bogies y rodillos guía del anillo de rotación del tambor lado a.....	48
Figura No. 4.12 Equipo de lubricación de los bogies de los rodillos guía del anillo de rotación del tambor lado a .....	49
Figura No. 4.13 Equipo de lubricación de los bogies y rodillos guía del anillo de rotación del tambor lado b.....	50
Figura No. 4.14 Equipo de lubricación de los bogies y rodillos guía del anillo de rotación del tambor lado b.....	51
Figura No. 4.15 Partes principales de la rastra.....	52
Figura No. 4.16 Suspensión de da rastra .....	54
Figura No. 4.17 Equipo de viaje de la rastra.....	55
Figura No. 4.18 Ruedas del equipo de traslación de la rastra.....	56
Figura No. 4.19 Equipo de lubricación de la rastra.....	58
Figura No. 4.20 Equipo de lubricación de la rastra.....	58
Figura No. 4.21 Faja transportadora.....	60
Figura No. 4.22 Chute de anillo con faldón .....	61

Figura No. 4.23 Distribución de la faja.....	63
Figura No. 4.24 Unidad de accionamiento de la faja .....	65
Figura No. 4.25 Poleas de la faja .....	66
Figura No. 4.26 Unidad Tensadora de la faja transportadora.....	67
Figura No. 4.27 Chute de descarga.....	68
Figura No. 4.28 Diagrama de flujo de las actividades de comisionamiento .....	69
Figura No. 4.29 Diagrama de flujo de los sistemas del recolector de mineral.....	70
Figura No. 4.30 Categoría de impactos.....	96
Figura No. 4.31 Matriz de criticidad.....	96

## LISTA DE TABLAS

Tabla No. 3.1 Operacionalización de variables.....	31
Tabla No. 4.1 Datos del recolector de mineral.....	33
Tabla No. 4.2 Formato de lista de observaciones.....	71
Tabla No. 4.3 Formato de pruebas de comisionamiento .....	73
Tabla No. 4.4 Información técnica del sistema de traslación .....	74
Tabla No. 4.5 Lista de verificaciones antes de la primera prueba en vacío del sistema de traslación .....	75
Tabla No. 4.6 Lista de verificaciones durante las pruebas en vacío del sistema de traslación .....	76
Tabla No. 4.7 Lista de verificaciones de las pruebas con carga del sistema de traslación .....	77
Tabla No. 4.8 Información técnica del recolector de mineral .....	78
Tabla No. 4.9 Lista de verificaciones antes de las pruebas en vacío del sistema de recolección .....	79
Tabla No. 4.10 Lista de verificaciones de pruebas en vacío del sistema de recolección.....	80
Tabla No. 4.11 Lista de pruebas con carga del sistema de recolección .	80
Tabla No. 4.12 Información técnica del sistema de rastra .....	81
Tabla No. 4.13 Lista de verificaciones antes de las pruebas en vacío del sistema de rastra .....	82
Tabla No. 4.14 Lista de verificaciones de pruebas en vacío del sistema de rastra.....	83
Tabla No. 4.15 Lista de verificaciones para las pruebas con carga del sistema de rastra .....	84
Tabla No. 4.16 Información técnica del sistema de transporte de mineral .....	85
Tabla No. 4.17 Lista de verificaciones antes de la prueba en vacío del sistema de transporte de mineral.....	86

Tabla No. 4.18 Lista de verificaciones para pruebas en vacío del sistema de transporte de mineral .....	87
Tabla No. 4.19 Lista de verificaciones para pruebas con carga del sistema de transporte de mineral .....	88
Tabla No. 4.20 Análisis de modo de falla y efecto del sistema de traslación .....	89
Tabla No. 4.21 Hoja de decisión del sistema de traslación.....	90
Tabla No. 4.22 Plan de mantenimiento preventivo del sistema de traslación .....	90
Tabla No. 4.23 Análisis de modo de falla y efecto del sistema de recolección.....	91
Tabla No. 4.24 Hoja de decisión del sistema de recolección.....	91
Tabla No. 4.25 Plan de mantenimiento preventivo del sistema de recolección.....	91
Tabla No. 4.26 Análisis de modos de falla y efecto de la rastra .....	92
Tabla No. 4.27 Hoja de decisión del sistema de rastra.....	93
Tabla No. 4.28 Plan de mantenimiento del sistema de rastra.....	94
Tabla No. 4.29 Análisis de modos de falla y efecto del sistema de transporte .....	94
Tabla No. 4.30 Hoja de decisión del sistema de transporte de mineral ..	95
Tabla No. 4.31 Plan de mantenimiento del sistema de transporte.....	95
Tabla No. 4.32 Severidad costo de operación.....	95
Tabla No. 4.33 Factor pérdida de producción.....	95
Tabla No. 4.34 Pesos de los factores de criticidad.....	95
Tabla No. 4.35 Severidad de pérdida del recolector del mineral.....	95
Tabla No. 4.36 Criticidad del recolector del mineral.....	95
Tabla No. 4.37 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	100

## RESUMEN

La presente tesis muestra de qué manera un plan de comisionamiento influye en la implementación de un plan de mantenimiento preventivo. Los mismos que parten de la necesidad de poner en funcionamiento y a la vez garantizar la disponibilidad de un recolector de mineral de 3000 Tn/h durante el suministro de hierro a una planta de procesamiento de mineral.

Se revisó la información técnica de las partes que conforman al recolector de mineral tales como manuales, planos; para luego conformarlos en 4 sistemas de acuerdo a sus aspectos técnicos, parámetros y sobre todo a la función de cada uno de estos. Se propuso actividades de inspección a realizar en las tres etapas del comisionamiento. Con la información obtenida se utilizó el método del mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad, el cual sirvió para poder implementar un plan de mantenimiento preventivo para el recolector de mineral, el cual está dividido en los sistemas de traslación, rastra, recolección y transporte

Luego de haber realizado estas actividades se pudo concluir que el proceso de comisionamiento no solo está relacionado con las pruebas y verificaciones para funcionamiento, sino también sirven para poder implementar un plan de mantenimiento preventivo el cual garantizará la disponibilidad del recolector de mineral

Finalmente se elaboraron los procedimientos de comisionamiento, así como el plan de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad, los cuales tienen como finalidad ser usados durante las pruebas de comisionamiento y en el proceso de suministro de hierro a la planta de procesamiento de mineral.

## **ABSTRAC**

This thesis shows how a commissioning plan influences the implementation of a preventive maintenance plan. The same ones that start from the need to put into operation and have to do with the availability of a mineral collector of 3000 Tn / h during the supply of iron to a mineral processing plant.

We reviewed the technical information of the parties that make up the collector of mineral tales such as manuals, plans; to then conform them in 4 systems according to their technical aspects, parameters and the function of each of these. Inspection activities were proposed to be carried out in the three stages of the commissioning. In order to maintain a method of preventive maintenance for the ore collector, it is divided in system of traslation, rastra, collector and transport.

After having carried out these activities it was possible to conclude that the commissioning process is not only related to the tests and verifications for the operation, but also to be able to implement a preventive maintenance plan which complies with the availability of the ore collector

Finally, the commissioning procedures were elaborated, as well as the preventive maintenance plan based on the reliability, which have been used as the commissioning services and the iron supply process to the ore processing plant.

## INTRODUCCIÓN

EL presente informe de tesis titulado “PLAN DE COMISIONAMIENTO Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE UN RECOLECTOR DE MINERAL DE 3000 Tn/h PARA SUMINISTRO DE HIERRO A UNA PLANTA DE PROCESOS. MARCONA- ICA” pretende mostrar una metodología para elaborar un plan que permita realizar de manera adecuada el comisionamiento del recolector de mineral, de igual manera trata de mostrar cómo influye un plan de comisionamiento en la implementación de el plan de mantenimiento preventivo para poner en funcionamiento y garantizar la disponibilidad de un recolector de mineral de 3000 Tn/h para el suministro de hierro a una planta de procesos.

Se indica que consideraciones se deben de tener para elaborar un plan de comisionamiento del recolector de mineral, para esto se realiza la revisión de información, hojas técnicas de los componentes del recolector de mineral, de igual manera se muestra como a partir de las fallas encontradas durante el proceso de comisionamiento se logra iniciar la elaboración de análisis de fallas y efectos pudiendo identificar una matriz de criticidad y así proponiendo una plan de mantenimiento preventivo para la evaluación de disponibilidad del recolector de mineral y así de esta manera se pueda asegurar el suministro de hierro a la planta de procesos.

Finalmente se logra elabora el plan de comisionamiento, así como la matriz de criticidad por la que se obtiene el plan de mantenimiento preventivo para el recolector de mineral, con lo se garantizaría el suministro de hierro a la planta de procesos.

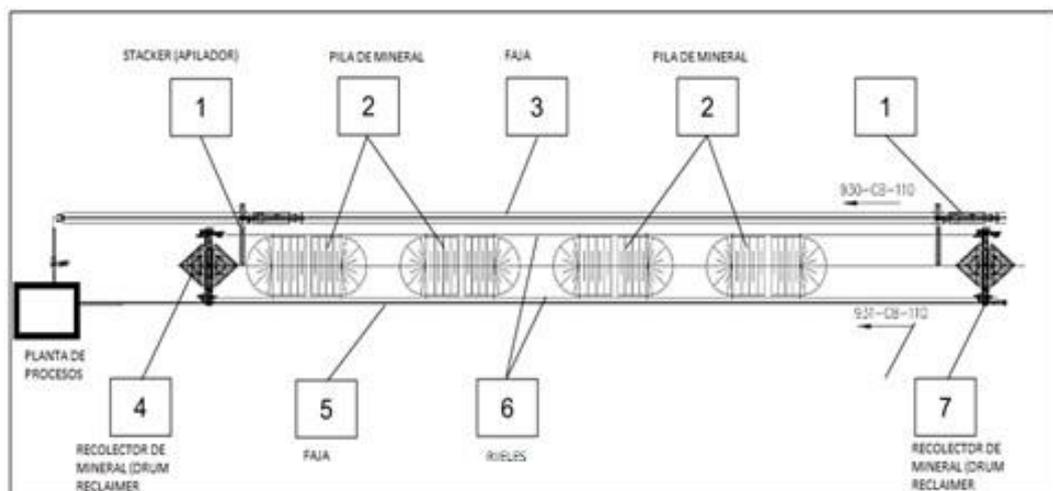
## PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

### 1.1 Descripción de la realidad problemática

Se necesita incrementar la producción en una planta de procesamiento de hierro, para esto se ha instalado un recolector de mineral de 3000 Tn/h. Este equipo debe suministrar de hierro a dicha planta de procesos, por lo que se debió realizar un plan de comisionamiento para asegurar el funcionamiento correcto de dicho equipo y además se propone implementar un plan de mantenimiento preventivo para garantizar la disponibilidad durante la operación de dicho equipo, así como el suministro continuo de mineral a la planta de procesos.

FIGURA NO. 1.1

VISTA DE PLANTA DEL AREA DE TRABAJO DEL RECOLECTOR DE MINERAL



Fuente: Propia con referencia al plano de proyecto.

- (1): Apilador
- (2): Pila de mineral
- (3): Faja transportadora

(4): Recolector de mineral

(5): Faja transportadora

(6): Rieles

(7): Recolector de mineral

## **1.2 Formulación del problema**

### **1.2.1 Problema general**

¿De qué manera un plan de comisionamiento influye en la implementación del plan de mantenimiento preventivo para garantizar la operatividad de un recolector de mineral en la planta de procesos Marcona - Ica?

### **1.2.2 Problemas específicos**

PE1: ¿De qué manera el plan de comisionamiento influye en el desarrollo de las pruebas de comisionado?

PE2: ¿De qué manera influye el plan de mantenimiento en la elaboración de una matriz de criticidad de componentes del recolector de mineral?

PE3: ¿Se desconoce de un procedimiento para evaluar disponibilidad del recolector de mineral?

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo general**

Al implementar el plan de mantenimiento preventivo basado al plan de comisionamiento para poner en funcionamiento y garantizar la disponibilidad de un recolector de mineral de 3000 Tn/h para el suministro de hierro a una planta de procesos.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

OE 1: Identificar las actividades de verificación y fallas durante las tres etapas del comisionamiento

OE 2: Elaborar una matriz de criticidad donde se pueda determinar los componentes críticos del recolector de mineral.

OE 3: Proponer un plan para evaluar la disponibilidad del recolector de mineral.

## **1.4 Delimitación de la investigación**

### **1.4.1 Teórica**

Para la presente tesis “plan de comisionamiento y mantenimiento preventivo de un recolector de mineral de 3000 tn/h para suministro de hierro a una planta de procesos. Marcona - Ica” se usa la información técnica de las partes que conforman el recolector de mineral.

### **1.4.2 Temporal**

Este proyecto se desarrolló en el presente año 2018 ya que el asentamiento minero ha planificado la ampliación de su producción de hierro.

### **1.4.3 Espacial**

Esta tesis se desarrolló en un asentamiento minero en el departamento de Ica, provincia de Nasca, distrito de Marcona que se dedica a la extracción, explotación y exportación de hierro a nivel mundial.

## **1.5 Justificación**

### **1.5.1 Justificación legal**

Todo trabajo que se realiza en la industria tiene que tener un plan para poder ejecutarse en campo y especialmente en minería, no contar con ello implica retrasos y malas prácticas, que en consecuencia de ellos se tienen malos resultados e inclusive accidentes; la finalidad es facilitar los trabajos mediante planes estructurados con sus respectivos formatos de verificación que permitan tomar correctamente los datos de los equipos al momento de realizar las pruebas de funcionamiento y tener establecido un plan de mantenimiento preventivo que garantice el funcionamiento del recolector de mineral.

### **1.5.2 Justificación Tecnológica**

Al elaborar el plan de comisionamiento y mantenimiento preventivo para el recolector de mineral se contribuye con nuevos conocimientos respecto a dicho equipo, ya que este es el primero instalado a nivel nacional.

### **1.5.3 Justificación Económica**

Este proyecto se sustenta económicamente porque al tener un plan de comisionamiento y mantenimiento preventivo se podrá poner en funcionamiento y tener disponibilidad del recolector de mineral por lo que al estar operando el equipo se asegura el suministro de hierro a la planta de beneficio y por consiguiente se logra vender más toneladas de hierro.

## **MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Antecedentes**

Aucancela J. y Saquiculla H. (2013), en su tesis profesional titulada “Metodología de procedimientos para precomisionado, comisionado, puesta en marcha, operación y mantenimiento mecánico, eléctrico y electrónico de la central hidroeléctrica Alazán”.

Los procesos de comisionamiento no solo deben estar involucradas con las pruebas y/o ensayos de funcionamiento de los equipos; va más allá de todo eso ya que con los respectivos procedimientos los futuros operadores de la Central Alazán van recopilando la información técnica necesaria desde la etapa de montaje hasta la operación comercial con el fin de elaborar los manuales de operación y mantenimiento que reducirá las paradas y fallas posibles de los equipos, que se traducirá en ahorro y eficiencia de recursos de CELEP EP Hidro Azogues. Los protocolos para el registro de pruebas permiten poseer un historial de todos los equipos siendo fundamental para el control del cumplimiento de los requisitos técnicos y funcionales establecidos.

Sotomayor M. (2016), en su tesis profesional titulada “Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo como estrategia de optimización del desempeño de la empresa tecnológica de alimentos S.A.”.

En la actualidad se sabe que los programas de mantenimiento son de gran importancia en la gestión de una empresa ya sea por alguna razón interna, exigencia de la administración, de los clientes o de ambos. Describe la propuesta de un plan de mantenimiento preventivo como estrategia de optimización del desempeño de la

empresa Tecnológica de Alimentos S.A., el cual será aplicado a la planta de Harina y Aceite de Pescado que es el área donde se encuentran las máquinas y equipos más críticos que intervienen en el proceso de producción. El plan de mantenimiento preventivo tiene como objetivo garantizar la disponibilidad y confiabilidad operacional de los equipos de la planta de producción de harina y aceite de pescado, de una manera eficiente y segura con el fin de cumplir con el cumplimiento de la política de calidad establecida por la empresa y reducir los costos de mantenimiento de forma genérica, el proceso de selección de tareas de mantenimiento se inicia con la identificación de las causas más probables asociadas a las distintas fallas de los componentes considerados de gran importancia. El análisis histórico del mantenimiento permitirá verificar si las medidas tomadas para corregir las fallas han sido las adecuadas, y así poder realizar e implantar con seguridad el programa de mantenimiento. los indicadores fundamentales de la gestión de mantenimiento son la disponibilidad y la eficacia, que van a indicarnos la fracción de tiempo en que los equipos están en condiciones de servicio (disponibilidad) y la fracción de tiempo en que su servicio resulta efectivo para la producción (eficacia). Del tiempo total se deducen las partes correspondientes a: Mantenimiento programado, averías, paros de producción por cambios de piezas, paros pequeños, etc. Ineficiencias (defectos de calidad, malos rendimientos, etc.

Tovar F. (2007), n su tesis profesional titulada análisis de criticidad y formulación de un plan de mantenimiento rutinario para los molinos de bolas

La planta de Molienda y Compactación de CVG Venalum, con la finalidad de conservar en óptimas condiciones el funcionamiento de sus equipos, tiene establecidos 4 tipos de mantenimiento, rutina, programado, preventivo y correctivo. Como consecuencia de la

contaminación ambiental que se genera durante el proceso productivo de esta planta, los equipos operan en un ambiente riguroso y es necesario mejorar el mantenimiento empleado con la finalidad de disminuir la frecuencia de fallas de los equipos. El objetivo fundamental de este trabajo es mejorar el mantenimiento rutinario actual aplicado a los molinos de bolas de la planta de Molienda y Compactación. A través de un análisis de criticidad y la aplicación de un AMEF, se evaluarán las fallas presentadas por los componentes mecánicos, eléctricos, hidráulicos e instrumentación de los molinos de bolas, se identificarán los modos de fallas potenciales y las causas asociadas al funcionamiento, diseño de componentes, al mantenimiento y el ambiente. Este estudio ha de implantar las acciones de mantenimiento rutinario, que podrán eliminar o reducir la oportunidad de ocurrencia de fallas potenciales, de este modo aumentar la disponibilidad de los equipos, asegurando la producción de material fino de coque utilizado en la fabricación de los ánodos verdes del área de Molienda y Compactación.

Guzmán M. (2013), en su tesis profesional titulada “Proyecto de comisionamiento y mejora continua en laboratorios Farma S.A.”

En agosto del año 2012 los equipos de la línea de evalax, los cuales son dosificadora de polvo mc1, tapadora wetscapper y el sellador por inducción enercon, se reubican en una nueva sala donde se requiere comprobar que la integridad, funcionalidad, operación de los equipos cumplan con los lineamientos de las buenas prácticas de ingeniería y buenas prácticas de manufactura exigidos por la ley en las empresas farmacéuticas en gaceta oficial n° 38009, debido a esto se procedió a actualizar el protocolo de comisionamiento ejecutado en el año 2010 a los nuevos estándares de exigencia en laboratorios Farma. Se revisó la documentación técnica de los

equipos, así mismo, se inspeccionó visualmente la línea en sitio y se editaron los 3 protocolos considerando todos los componentes y operaciones requeridas en cada equipo, para luego ejecutar las pruebas de verificación especificadas en dichos protocolos. Los resultados reflejan el buen funcionamiento de los 3 equipos y reporta toda “no conformidad” detectada durante el desarrollo de estas verificaciones con la finalidad de solventarlas, en el área de proyectos de mejora continua se propone la automatización del sistema para la recirculación de producto en tanque reactor ubicado en el área de líquidos, empleando una válvula de accionamiento neumático y todos los accesorios requeridos para la conexión cumpliendo así con los requerimientos de usuarios exigidos por el supervisor del área y garantizando la seguridad del proceso.

Martínez A. (2017), en su tesis profesional titulada “Plan de mantenimiento preventivo y su aplicación a la planta de sulfatos de la Empresa Ferrosalt S.A.”.

En industrias intensivas en capital como la industria minera o agroindustrial, un adecuado desarrollo y planeación de actividades de mantenimiento puede ser la diferencia entre permanecer activa o desaparecer del mercado, debido a que el cumplimiento de los objetivos de producción está sujeto a la disponibilidad de la planta de procesamiento. Uno de los problemas más críticos en la planta de producción de sulfatos son las paradas no planificadas de máquinas por fallas, que tienen como consecuencias de las mismas pérdidas de horas hombre, tiempo y dinero de producción. La cantidad de producto procesado y los ingresos de la planta son afectados debido a la falta de disponibilidad de la maquinaria comprometida en el proceso de producción; el tiempo de parada de la máquina dependerá del tipo de falla presentada, disponibilidad de los repuestos y el tiempo de ejecución para realizar el mantenimiento

correctivo. Consciente de esta necesidad se desarrolló un plan de mantenimiento preventivo para la Planta de Sulfato de la empresa FERROSALT S.A., que busca garantizar la efectividad del funcionamiento y aumento en la capacidad de producción de la planta, proporcionando la disponibilidad de los equipos existentes y la conservación de los nuevos equipos, dando inicio a las actividades de mantenimiento preventivo.

Chávez F. (2016), en su tesis profesional titulada “Diseño de procedimientos para comisionamiento de equipos rotativos del proyecto Inmaculada – compañía minera Ares”.

El Comisionado y puesta en marcha, es un tema que no se ha definido como una ciencia exacta, siempre nos detenemos en el momento que debemos comisionar y arrancar una planta o facilidades de producción. Comisionamiento no es solo apretar el botón verde una vez culminada la construcción. Se podría mencionar que comisionamiento es el uso de una metodología disciplinada, sistemática, lógica aplicada en la construcción y operación de una planta de procesos, convirtiéndola en una unidad totalmente integrada, operativa, eficiente y segura, donde lo ideal es que su operación sea completamente confiable y fiable desde su arranque hasta el periodo de vida útil al que fue diseñado. En el comisionamiento es fundamentalmente una serie de pre - chequeos, chequeos y re - chequeo que se realizan para confirmar que un equipo, planta o una facilidad de producción cumple los fines por los cuales fue diseñada y construida. En el presente trabajo realizado en el Proyecto Inmaculada, se desarrolla los pasos a seguir a través de los procedimientos para realizar el comisionamiento de lo equipos rotativos. En la investigación se pudo ver la falta de conocimiento del personal técnico e ingenieros respecto al campo del comisionamiento y al desarrollo de procedimientos y registros para

aplicación en los equipos. Por ello se propone una metodología para elaborar los procedimientos y realizar una correcta aplicación de los mismos en los equipos rotativos. El tipo de investigación que se utilizó es tecnológico, debido a que se elaboró el procedimiento y registros mediante técnicas de comisionamiento específicos, para evaluar equipos rotativos, cumpliendo las expectativas del cliente. Esta investigación es a nivel descriptivo, porque se tomó información de la muestra para elaborar el procedimiento y registros para aplicar en los equipos rotativos. Como resultado se obtuvo los procedimientos aprobados por el cliente, y se realizaron las pruebas de campo obteniendo los registros con los valores dentro de las tolerancias del fabricante, los cuales fueron validados por la supervisión.

## **2.2 Marco teórico y conceptual**

### **2.2.1 Marco teórico**

#### **Plan**

Se define plan como la gestión materializada en un documento, con el cual se proponen acciones concretas que buscan conducir el futuro hacia propósitos predeterminados. (Andrés E. Miguel, 2006).

#### **Comisionamiento**

Es la verificación funcional de equipos e instalaciones que están agrupados en sistemas. (Norsok Estándar, 1996).

Un proceso centrado en la calidad para mejorar la entrega de un proyecto. El proceso se enfoca en verificar y documentar que la instalación y todos sus sistemas y ensamblajes están planificados, diseñados, instalados, probados, operados y mantenidos para

cumplir con los requisitos del proyecto del propietario.” (ASHRAE, 2005).

### **Plan de comisionamiento**

Es una serie de pasos o procedimientos centrado en la calidad enfocado en verificar y documentar que todos los componentes de un equipo que está dividido en sistemas y subsistemas esté correctamente instalado y probado para cumplir con los requisitos de las especificaciones técnicas.

### **Mantenimiento**

Asegurar que los activos físicos continúen haciendo lo que sus usuarios quieren que haga (John Moubrey, 1997).

### **Plan de mantenimiento**

Es una serie de pasos o procedimientos que sirven para asegurar que las partes activas que conformen un equipo o planta continúen realizando su función (John Moubrey, 1997).

### **Plan de mantenimiento preventivo**

Es una serie de pasos o procedimientos que sirven para asegurar que las partes activas que conformen un equipo o planta continúen realizando su función tomando precauciones o medidas por adelantado para evitar daños y riesgos que originen paradas de producción y por consecuencia perdidas de dinero.

### **Plan de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad (RCM)**

Es un proceso utilizado para determinar qué se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que los usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual (John Moubrey, 1997).

## **RCM: Las siete preguntas básicas**

El proceso de RCM formula siete preguntas acerca del activo o sistema que se intenta revisar:

- a. ¿Cuáles son las funciones deseadas y los estándares de desempeño asociados del activo en su contexto operacional presente (funciones)?
- b. ¿De qué maneras puede fallar al cumplir sus funciones (fallas funcionales)?
- c. ¿Qué causa cada falla funcional (modos de falla)?
- d. ¿Qué pasa cuando ocurre cada falla funcional (efectos de falla)?
- e. ¿De qué manera afecta cada falla (consecuencias de falla)?
- f. ¿Qué se debe hacer para predecir o prevenir cada falla (¿tareas proactivas e intervalos de tareas)?
- g. ¿Qué se debe hacer si una tarea proactiva que conviene no está disponible (acciones predeterminadas)?

## **Recolector de mineral (Drum Reclaimer)**

Los recolectores de mineral son recuperadores de alta capacidad para mezclar materiales como carbón, piedra caliza, hierro, etc. Puede trabajar en una o dos direcciones de recolección. (<http://www.krupprobins.com/Products/Reclaimers/bridgetypedrumreclaimers.html>).

## **Falla funcional**

Un estado en el que un activo físico o sistema no se encuentra disponible para ejercer una función específica a un nivel de desempeño deseado. (SAE JA 1011)

**Falla oculta**

Un modo de falla cuyo efecto no es evidente para el personal de operaciones bajo circunstancias normales, si el modo de falla ocurre aislado. (SAE JA 1011)

**Modo de falla**

Un evento único, que causa una falla funcional. (SAE JA 1011)

**Función primaria**

La(s) función(es) que constituyen la(s) razón(es) principal(es) por las que el activo físico o sistema es adquirido por su dueño o usuario. (SAE JA 1012)

**Función secundaria**

Las funciones que un activo físico o sistema tiene que cumplir a parte de su(s) función(es) primaria(s), así como aquellas que necesitan cumplir con los requerimientos reguladores o a las cuales conciernen los problemas de protección, control, contención, confort, apariencia, eficiencia de energía e integridad estructural. (SAE JA 1012)

**Hierro**

Metal maleable y resistente, muy empleado en la industria; además, en general, objeto, instrumento o arma hechos con este metal y, en especial, instrumento de hierro usado para marcar el ganado. En el español de América es frecuente la variante fierro, que conserva la f- del étimo latino (Real academia española).

Elemento químico de número atómico 26, masa atómica 55,84 y símbolo Fe; es un metal del grupo de los elementos de transición, de color blanco plateado, blando, dúctil, maleable, magnético y oxidable, que es muy abundante en la naturaleza formando compuestos y se extrae principalmente de la hematites; puede recibir diferentes tratamientos que le confieren propiedades distintas y usos

diversos; principalmente se usa para fabricar herramientas, estructuras y objetos (Diccionario de Google)

### **Análisis de criticidad.**

El análisis de criticidad es una de las metodologías que permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y equipos creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, direccionando el esfuerzo y los recursos en áreas donde sea más importante y/o necesario mejorar la confiabilidad operacional, basado en la realidad actual. (Tovar F, 2007)

### **2.2.2 Marco Conceptual**

#### **Sistema**

Un sistema operativo o un sistema no operativo. Los sistemas operativos son sistemas dinámicos de procesos, servicios públicos o instalaciones tales como agua de mar, diesel, HVAC, telecomunicaciones, energía principal y sistema de control.

Los sistemas no operativos son sistemas tales como protección de superficies, aislamiento, civil, acero estructural, marcas y señales, bandejas de cables y tubos (Norsok estándar, 1996)

#### **Sub sistema**

Un sistema desglosado en subsistemas funcionales. (Norsok estándar, 1996)

#### **Prueba funcional**

Pruebas que evalúan la función dinámica y el funcionamiento de equipos y sistemas mediante observación directa u otros métodos de monitoreo. Las pruebas funcionales son la evaluación de la capacidad del sistema (en lugar de solo de los componentes) para realizar dentro de los parámetros establecidos dentro de los

Requisitos del proyecto del propietario y las Bases de diseño. Las pruebas funcionales se realizan después de completar las listas de verificación de construcción. (the building commissioning guide, 2005)

### **Completamiento Mecánico**

Es la prueba de los equipos y construcción para comprobar que la instalación está de acuerdo con los planos y especificaciones técnicas y están listos para el comisionamiento de manera segura y en conformidad con los requerimientos del proyecto. (Norsok Estándar, 1996).

El completamiento mecánico confirma a través de un certificado extendido por el Cliente o su ingeniero, que los equipos y sistemas que componen la planta estén completos y hayan sido construidos e instalados de acuerdo con la información y especificaciones finales de diseño, las recomendaciones de los fabricantes y respetando la norma y regulaciones cuya aplicación es exigible contractualmente para el proyecto, o que son parte de las buenas prácticas de Ingeniería utilizables. Con este certificado la Planta o un sistema en particular están listos para comenzar las siguientes actividades de comisionamiento. (Beytia, 2012).

### **Punch List**

Una lista de describe el trabajo incompleto o el mal funcionamiento del equipo o la construcción. (Norsok estándar, 1996)

### **Funciones**

Se debe definir el contexto operacional del activo.

Se deben identificar todas las funciones del activo/sistema (todas las funciones primarias y secundarias, incluyendo las funciones de todos los dispositivos de protección).

Todos los enunciados de una función deben contener un verbo, un objeto, y un estándar de desempeño (cuantificado en cada caso que se pueda hacer).

Los estándares de desempeño incorporados en los enunciados de una función deben tener el nivel de desempeño deseado por el dueño o usuario del activo/sistema en su contexto operacional.

### **Fallas funcionales**

Se deben definir todos los estados de falla asociados con cada función.

### **Modos de falla**

Se deben identificar los modos de falla “probables” que puedan causar cada falla funcional.

El método utilizado para decidir que constituye un modo de falla “probable” debe ser aceptado por el dueño o usuario del activo.

Se deben identificar los modos de falla en un nivel de causalidad que haga posible identificar una política de manejo de fallas apropiada.

Las listas de los modos de falla deben incluir los modos de falla que han ocurrido antes, los modos de falla que están siendo prevenidos actualmente por la existencia de programas de mantenimiento, y los modos de falla que no han ocurrido aún pero que se piensan probables (creíbles) en el contexto operacional.

Las listas de los modos de falla deben incluir cualquier evento o proceso que probablemente pueda causar una falla funcional, incluyendo deterioro, defectos de diseño, y errores humanos que pueden ser causados por operadores o mantenedores (a menos que el error humano esté activamente dirigido por un proceso analítico aparte del MCC).

## **Efectos de falla**

Los efectos de falla deben describir lo que puede pasar si no se realiza ninguna tarea específica para anticipar, prevenir o detectar la falla.

Los efectos de falla deben incluir toda la información necesaria para soportar la evaluación de las consecuencias de la falla, tales como:

- a. ¿Qué evidencia (si existe alguna) que la falla ha ocurrido (en el caso de funciones ocultas, que podría pasar si ocurre una falla múltiple)?
- b. ¿Qué hace (si ocurre algo) para matar o dañar a alguien, o para tener efectos adversos en el ambiente?
- c. ¿Qué hace (si hace algo) para tener un efecto adverso en la producción o en las operaciones?
- d. ¿Qué daño físico (si existe alguno) causa la falla?
- e. ¿Qué (si existe algo) debe ser hecho para restaurar la función del sistema después de la falla?

## **Consecuencias de la falla**

Un análisis detallado de la empresa industrial promedio probablemente entre tres mil a diez mil posibles fallas. Cada una de estas fallas afecta a la organización de algún modo, pero en cada caso, los efectos son diferentes. Pueden afectar a la calidad del producto, el servicio al cliente, la seguridad o el medio ambiente. Todas para ser reparadas tomarán tiempo y costarán dinero.

Son todas estas consecuencias las que más influyen el intento de prevenir cada falla. En otras palabras, si una falla tiene serias consecuencias, haremos un gran esfuerzo para intentar evitarla. Por otro lado, si no tiene consecuencias o tiene consecuencias leves, quizás decidamos no hacer más mantenimiento de rutina que una simple limpieza y lubricación básica.

Un punto fuerte del RCM es que reconoce que las consecuencias de las fallas son más importantes que sus características técnicas. De hecho, reconoce que la única razón para hacer cualquier tipo de mantenimiento proactivo no es evitar las fallas sino evitar o reducir las consecuencias en cuatro grupos de la siguiente manera:

### **Consecuencia de fallas ocultas**

Las fallas ocultas no tienen un impacto directo, pero exponen a la organización a fallas múltiples con consecuencias serias y hasta catastróficas. (La mayoría están asociadas a sistemas de protección sin seguridad inherente)

### **Consecuencias ambientales y para la seguridad**

Una falla tiene consecuencias para la seguridad si es posible que cause daño o la muerte a alguna persona. Tiene consecuencias ambientales si infringe alguna normativa o reglamento ambiental tanto corporativo como regional, nacional e internacional.

### **Consecuencias operacionales**

Una falla tiene consecuencias operacionales si afecta la producción (cantidad, calidad del producto, atención al cliente, o costos operacionales además del costo directo de la reparación).

### **Consecuencias no operacionales**

Las fallas que caen en esta categoría no afectan a la seguridad ni a la producción, solo implican el costo directo de la reparación

## **2.3 Definición de términos básicos**

### **Caminata**

Actividad que se realiza para realizar inspecciones técnicas durante la construcción y que ayuda a generar la lista de pendientes (punch list).

**Puesta en marcha**

Conjunto de actividades que aseguran el correcto arranque de las instalaciones, la integridad de las mismas y el ajuste de sus componentes a los parámetros de operación y diseño

**Procedimiento**

Método o modo que sirve para ejecutar una actividad de manera determinada, siguiendo pasos establecidos mediante técnicas.

**RNC**

Producto no conforme

**EDT**

Estructura de desglose de trabajo

**PETS**

Procedimiento escrito de trabajo seguro

**Vendor**

Empresa que suministra partes, componentes de un equipo

## **CAPÍTULO III. HIPOTESIS Y VARIABLES**

### **3.1 Hipótesis**

#### **3.1.1 Hipótesis General**

Las pruebas de comisionamiento aplicado al recolector de mineral influyen significativamente en la implementación del plan de mantenimiento preventivo para garantizar el suministro de hierro a la planta de procesos Marcona – Ica.

#### **3.1.2 Hipótesis Específicas**

HE1: La determinación de las pruebas de comisionamiento garantizan la elaboración efectiva de los procedimientos y formatos que serán aplicables al plan de mantenimiento preventivo.

HE2: Mediante una matriz de criticidad la evaluación de los componentes del recolector de mineral reducirá los tiempos de recurrencia de fallas.

HE1: Mediante un procedimiento de evaluación de disponibilidad del recolector de mineral permitirá enfocarnos en las mejoras del área y llevar una comunicación efectiva entre el equipo de mantenimiento y las demás áreas involucradas.

### **3.2 Definición de variables**

El proyecto de tesis, titulado: “PLAN DE COMISIONAMIENTO Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE UN RECOLECTOR DE MINERAL DE 3000 Tn/h PARA SUMINISTRO DE HIERRO A UNA PLANTA DE PROCESOS MARCONA - ICA”, cuenta con las siguientes variables:

### **Variable independiente**

X= Plan de comisionamiento y mantenimiento preventivo

### **Variable dependiente**

Y = Suministro de hierro a una planta de procesos

Por lo que la ecuación funcional correspondiente al proyecto de tesis es:

$$Y = f(X)$$

Disgregando la variable independiente en dimensiones se tiene:

X1= Actividades de verificación para identificar fallas en las tres etapas del comisionamiento

X2= procedimiento para la evaluación de disponibilidad del recolector de mineral

X3= Matriz de criticidad del recolector de mineral

$$Y = f(X_1, X_2, X_3)$$

### **3.3 Operacionalización de las variables**

El proyecto de tesis, titulado: "PLAN DE COMISIONAMIENTO Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE UN RECOLECTOR DE MINERAL DE 3000 Tn/h PARA SUMINISTRO DE HIERRO A UNA PLANTA DE PROCESOS MARCONA - ICA" cuya Operacionalización de variables se presenta en el cuadro adjunto:

TABLA No. 3.1  
OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE	DIMENSION	INDICADOR
<b>INDEPENDIENTE</b>  PLAN DE COMISIONAMIENTO Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO	Verificaciones en las tres etapas del comisionamiento	Procedimientos y formatos para el comisionamiento
	Matriz de criticidad	Hoja de decisión de los sistemas que conforman el recolector de mineral
	Plan para evaluación de disponibilidad del recolector de mineral	Mantenimiento preventivo
<b>DEPENDIENTE</b>  SUMINISTRO DE HIERRO HACIA LA PLANTA DE PROCESOS	Producción Continua	Suministro de hierro

Fuente: Elaboración propia

## **DISEÑO METODOLÓGICO**

### **4.1 Tipo y diseño de la investigación**

De acuerdo a (Espinoza, 2014), “La investigación aplicada, también conocida como diseño o innovación, tiene como propósito aplicar los resultados de la investigación experimental para diseñar tecnologías de aplicación inmediata en la solución de los problemas de la sociedad, buscando eficiencia y productividad”; por lo tanto se puede indicar que la presente investigación es del tipo aplicada debido a que se elaboraron planes y formatos de registro a un problema concreto para realizar los respectivos controles en cada etapa del comisionamiento y mantenimiento preventivo

La presente tesis tiene un diseño pre – experimental, ya que de acuerdo a (Espinoza, 2014), “Son diseños que no pueden controlar los factores que influyen contra la validez interna y externa. Pero ilustran la forma en que las variables extrañas pueden influir en la validez interna. Nos muestra lo que se debe y no debe hacer. Este tipo de diseño es muy restringido y utilizado durante la investigación exploratoria”

#### **4.1.1 Parámetros de diseño**

A continuación, se muestra en la tabla 4.1.1 los datos técnicos del recolector de mineral.

TABLA No. 4.1  
DATOS DEL RECOLECTOR DE MINERAL

<b>DATOS TÉCNICOS DEL RECOLECTOR DE MINERAL</b>		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Valor</b>
<b>1. Capacidad</b>		
Capacidad media del recolector de mineral	Tn/h	3000
Capacidad de diseño del recolector de mineral	Tn/h	3400
Flujo de volumen de mineral promedio	m <sup>3</sup> /h	1200
Flujo de volumen de mineral de diseño	m <sup>3</sup> /h	1360
<b>2. Dimensiones principales</b>		
Ancho del recolector de mineral (transversal a los rieles)	m	51
Longitud con ambos rastrillos a 37° de inclinación	m	37
Altura	m	15
<b>3. Pesos</b>		
Peso muerto	Tn	505
Peso en operación	Tn	540

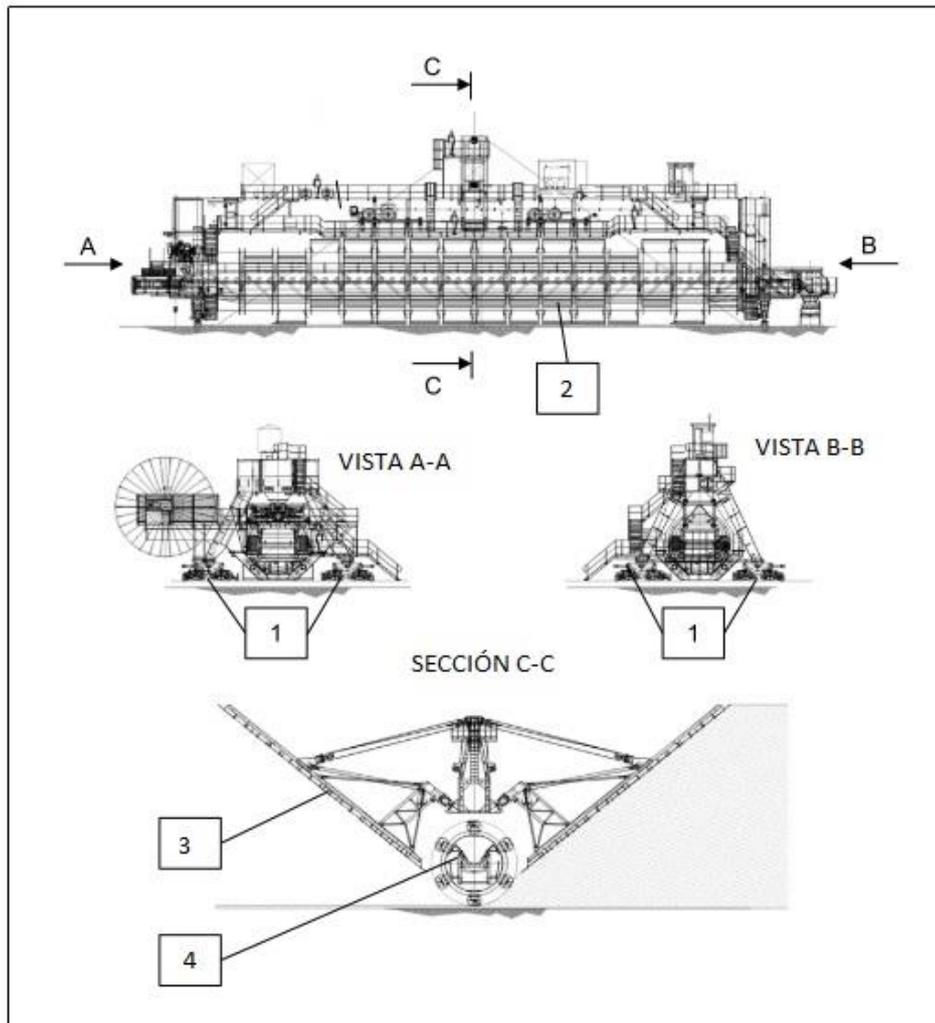
Fuente: Propia con referencia a manual de equipo

### **Recolector de mineral**

De acuerdo con la figura 4.1 el recolector de mineral está conformado por las siguientes partes:

- (1) Equipo de traslación (Travel gear)
- (2) Tambor (Drum)
- (3) Rastras (Rakes)
- (4) Faja cruzante (Cross conveyor)

FIGURA NO. 4.1  
PARTES PRINCIPALES DEL RECOLECTOR DE MINERAL



Fuente: Planos del equipo

### **Equipo de traslación**

De acuerdo con la fig. 4.2 podemos apreciar que todas las ruedas de viaje (1) están dispuestos de la siguiente manera:

El recolector de mineral esta soportado en dos rieles A100 paralelas por 4 bogies en cada lado (2).

Cada una de los 4 bogies consisten en 2 pequeños bogies (3)

Cada bogie de 2 ruedas consta de un juego de ruedas accionadas (4) con una unidad de transmisión (5) y un juego de ruedas no accionadas (6).

Durante el desplazamiento del recolector de mineral los rieles se limpian de materias extrañas mediante los limpiadores de rieles (7), además se proporciona un removedor (8) en cada esquina del equipo de viaje.

Los amortiguadores (9) protegen al recolector de mineral cuando llega al final de la pista en caso falle el dispositivo de monitoreo de la trayectoria de viaje.

Los soportes de fractura de la rueda (10) están ubicados de bajo de cada bogie, estos evitan un daño mayor en caso de una falla de una rueda o su eje.

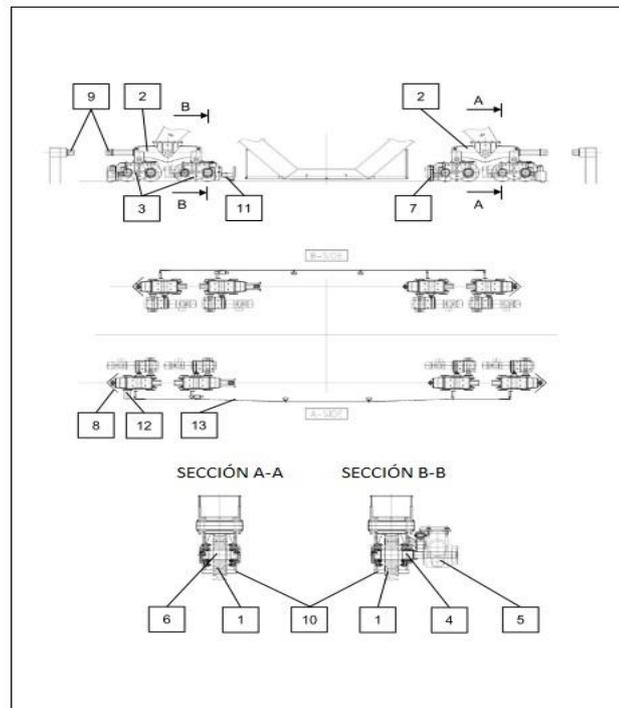
En cada grupo de viaje hay dispositivo de puesta a tierra (11), además todas los bogies también tienen conexiones de puesta a tierra.

Para registrar las distancias de viaje hay un codificador rotatorio o codificador de eje o generador de pulsos – encoder (12) usado para convertir la posición angular de un eje a un código digital y que está instalado en un juego de ruedas no accionadas. Para corregir los errores de medición que puedan ocurrir, por ejemplo, como resultado del deslizamiento de las ruedas, se establecen un total de 13 puntos de referencia en intervalos regulares a lo largo de la trayectoria del viaje, estos puntos de referencia son detectados por 5 interruptores de proximidad.

Los accionamientos de los engranajes de viaje están provistos de una unidad de control local para permitir la operación manual en una caja llamada botonera.

En las cuatro esquinas del equipo de viaje hay transmisores de señal acústica y óptica para garantizar la advertencia de viaje. Además, cuenta con proyectores para iluminar la pista en la oscuridad. A lo largo del equipo de traslación, se proporcionan cables de tracción – pull cords (13). La activación de un interruptor de cable de tracción conducirá a una parada de emergencia del recolector de mineral. Los frenos de las unidades motrices son capaces de sostener la máquina de manera segura a una velocidad del viento de 36 m/s, por lo que no son necesarias abrazaderas de riel ni otros dispositivos de bloqueo contra tormentas.

FIGURA NO. 4.2  
EQUIPO DE TRASLACIÓN



Fuente: Planos del equipo

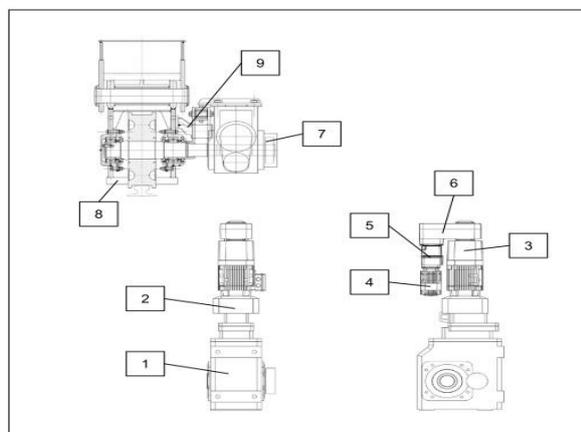
### Unidad de accionamiento de equipos de traslación

De acuerdo con la fig. 4.3 se tiene que 8 de las 16 ruedas son accionadas por unidades de una sola rueda.

Cada unidad de transmisión está compuesta por una caja de engranajes principal (1) y una transmisión de micro velocidad (2). El accionamiento de micro velocidad consta de un motor eléctrico principal (3) y un motor eléctrico de micro velocidad (4), conectados por medio de una caja de engranajes rectos (5) y una caja de cambios de micro velocidad (6). Esta configuración permite que las unidades se utilicen para relaciones de velocidad amplias, lo que es necesario debido a las enormes diferencias entre la velocidad de desplazamiento de recuperación y la velocidad de desplazamiento de reubicación. En caso de reubicación, el recuperador de tambor es accionado por los motores eléctricos principales.

La unidad de accionamiento completa está conectada al eje de la rueda respectiva por medio de un disco de contracción (7) y se apoya en el cuerpo del bogie (8) por medio de un soporte (9).

FIGURA NO. 4.3  
UNIDAD DE ACCIONAMIENTO DEL EQUIPO DE TRASLACIÓN

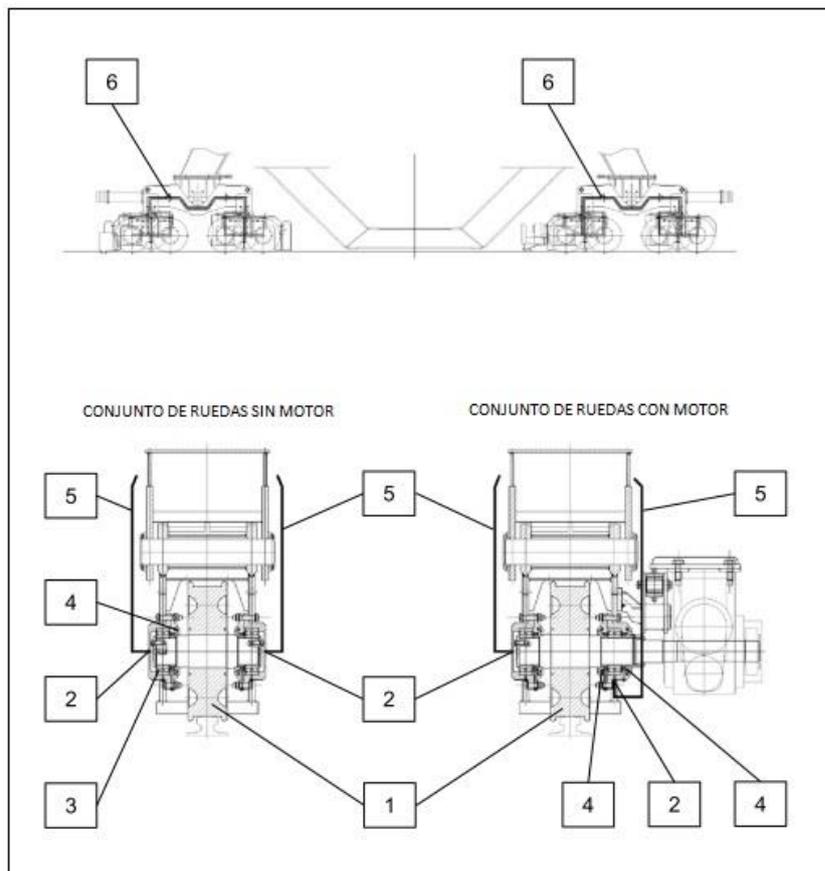


Fuente: Planos del equipo

### Dispositivo de lubricación del equipo de viaje

De acuerdo con la figura 4.4 se tiene que el equipo de viaje está provisto de un sistema de lubricación central manual que consta de 32 puntos de lubricación en las ruedas (1). Cada juego de ruedas tiene dos conexiones al sistema de lubricación (2), de modo que la grasa pasa a través de los cojinetes o rodamientos (3) a los sellos (4). Las líneas de lubricación (5) de cada bogie de 4 ruedas están conectadas a un solo distribuidor de grasa (6), que está equipado con un engrasador. Este distribuidor funciona como un dispositivo de medición, por lo que todos y cada uno de los puntos de lubricación se suministran con la misma cantidad de grasa.

FIGURA NO. 4.4 DISPOSITIVO DE LUBRICACIÓN DEL EQUIPO DE TRASLACIÓN



Fuente: planos del equipo

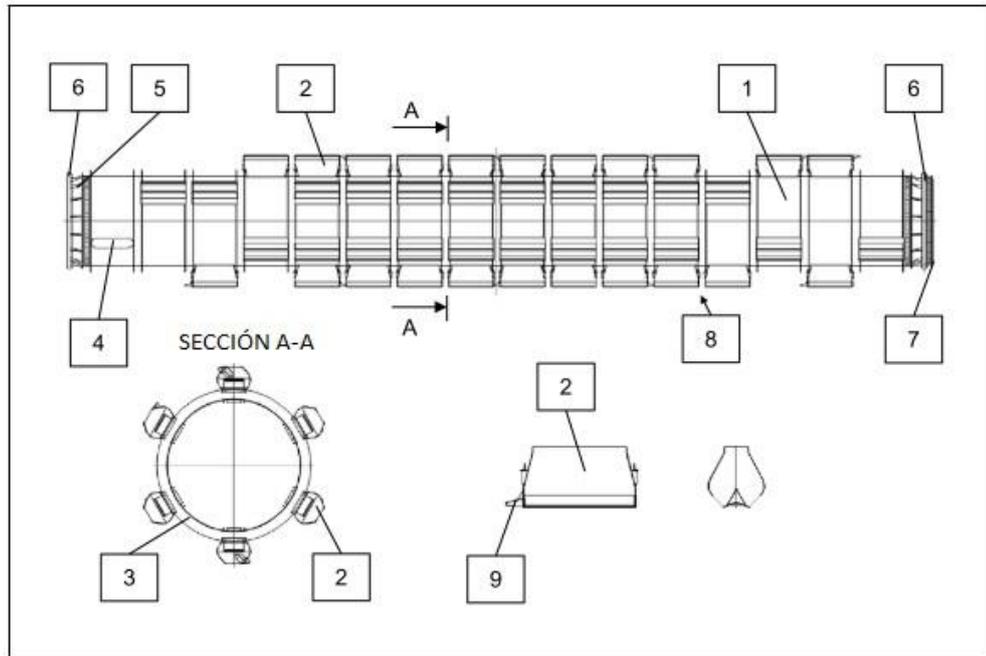
### **Tambor recolector**

De acuerdo con la figura 4.5 se tiene que el cuerpo del tambor (1) está soldado a partir de varias placas laminadas. Para fijar los cubos (2) y fortalecer el cuerpo del tambor, los anillos (3) están soldados en la parte exterior de la carcasa del tambor. En los lugares donde se montan los cubos, los orificios (4) están abiertos en el cuerpo del tambor para permitir el vaciado de los cubos en la faja transportadora

Un total de 66 cubos están dispuestos en 16 filas en la circunferencia del tambor. Las 8 filas en el medio del tambor consisten en 6 cubos cada una, mientras que las filas exteriores tienen menos cubos. La razón de la distribución desigual de los cubos en la longitud del tambor es la distribución desigual del mineral de hierro en la sección transversal de la pila con la mayor parte del mineral de hierro en el centro de la pila.

Los conos extremos (5), que llevan los anillos de conducción (6) y el bastidor de la unidad (7), se atornillan a ambos lados del cuerpo del tambor. Para eliminar el mineral de hierro de los orificios (8) entre las filas de cubos, algunos cubos están equipados con raspadores adicionales (9). Debido al diseño especial de los cubos, el tambor puede trabajar en ambas direcciones. No es necesario realizar ajustes para cambiar entre las direcciones de recolección.

FIGURA NO. 4.5 TAMBOR RECOLECTOR

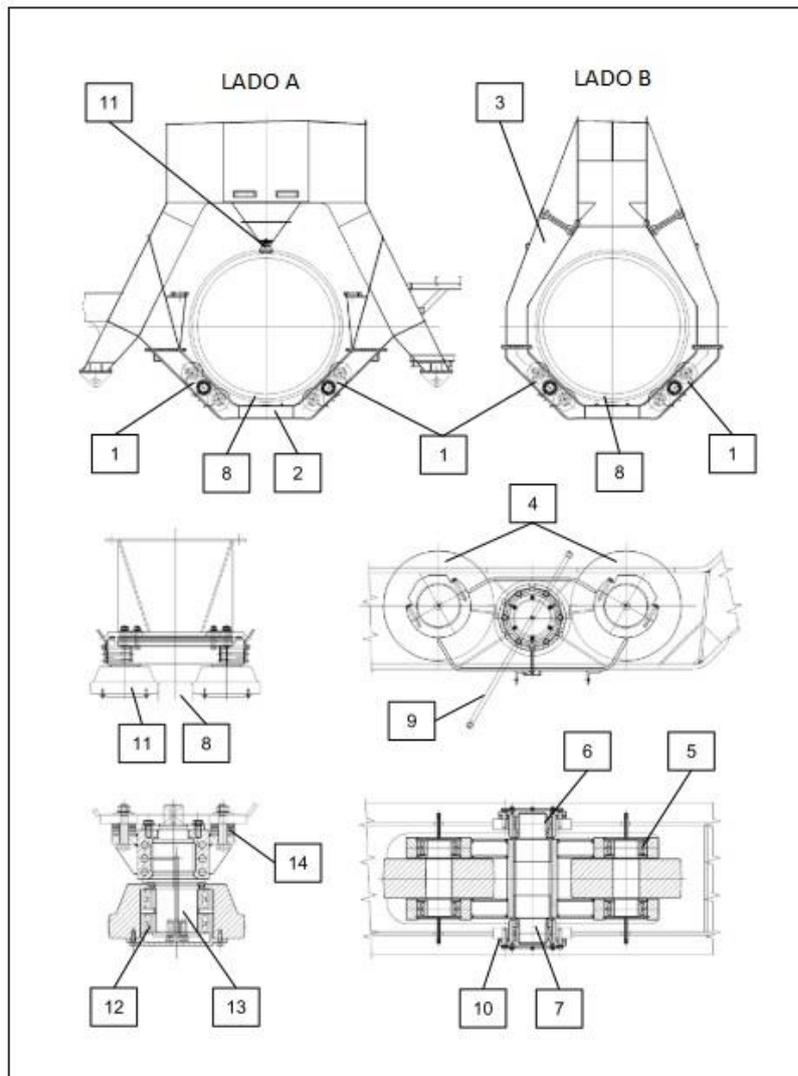


Fuente: Planos del equipo

Por otro lado, de acuerdo con la figura 4.6 los dos anillos de rodadura del tambor giran a través de dos bogies de 2 ruedas (1) en cada lado, que están montados dentro de los bogies. En el lado A, el marco de soporte (2) se atornilla a la pata fija, mientras que en el lado B hay un marco de soporte separado (3). Los rodillos (4) están equipados con rodamientos lisos esféricos (5). Los rodamientos lisos esféricos (6) se utilizan en el eje de suspensión (7) de las carcasas de bogie de 2 rodillos. Permiten un ajuste automático del bogie a los anillos de conducción (8) durante la operación. Al girar el alojamiento del cojinete excéntrico con el casquillo de ajuste (9), se puede realizar una alineación fina del tambor. Para un ajuste del bogie en dirección axial, se proporcionan placas espaciadoras (10). Para evitar movimientos axiales del tambor recolector, los rodillos de guía laterales (11) se instalan en la pata fija. Los rodillos están equipados con rodamientos de rodillos esféricos (12) y ejes excéntricos (13) para ajustar la dirección de rotación de los anillos de rodadura. Para

un ajuste de los rodillos en dirección axial, se instalan paquetes espaciadores (14).

FIGURA NO. 4.6  
ANILLOS DE RODADURA

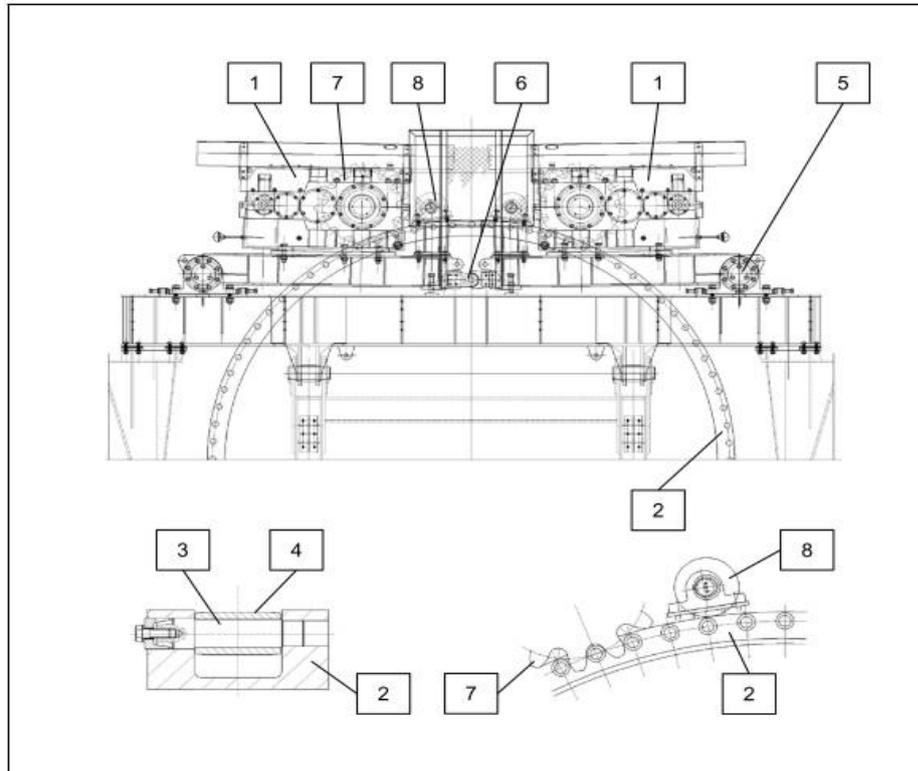


Fuente: Planos del equipo

### **Accionamiento del tambor**

De acuerdo con la figura 4.7 se tiene que el tambor es accionado por dos unidades de accionamiento (1) que están dispuestas en la parte fija del portal. Ambas unidades de accionamiento transfieren su par al bastidor de la unidad (2) del tambor. El anillo del bastidor de la unidad se divide en tres partes. Para minimizar el desgaste, los pernos (3) del bastidor de la unidad están equipados con casquillos de repuesto (4), que se pueden reemplazar fácilmente cuando están desgastados. En un lado, las unidades de accionamiento giratorio están montadas (5) en la estructura de acero. En el otro lado, las dos unidades motrices están conectadas entre sí por medio de un casquillo elástico (6) para evitar la elevación de la unidad debido a la fuerza de reacción de la unidad accionadora. Para garantizar un accionamiento suave, la distancia entre el bastidor de la unidad y los piñones (7) debe mantenerse constante durante la operación. Por lo tanto, cada unidad de accionamiento está equipada con un rodillo (8) que rueda sobre el anillo del bastidor de la unidad. Mediante el eje excéntrico del rodillo, se puede ajustar la distancia entre la cremallera y la cremallera. Este diseño también permite pequeños movimientos de elevación del tambor.

FIGURA NO. 4.7  
ACCIONAMIENTO DEL TAMBOR



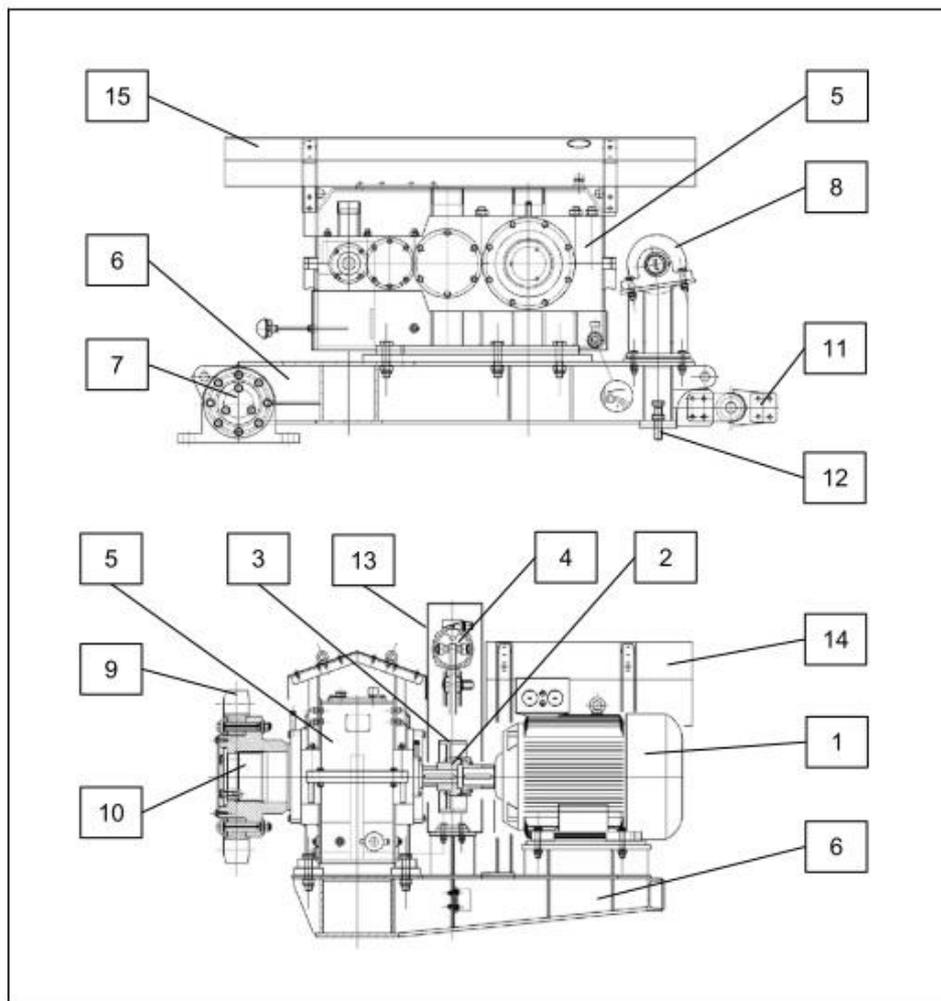
Fuente: Planos del equipo

### Unidades de accionamiento del tambor

De acuerdo con la fig. 4.8 se tiene que cada unidad de accionamiento consta de un motor eléctrico de frecuencia controlada (1) con un termistor, un acoplamiento flexible (2) con un disco de freno (3), un freno de tambor (4) y una caja de engranajes rectos (5). Todas estas piezas están instaladas en un bastidor común (6), que está soportado por cojinetes de manguito (7) y un rodillo (8). Un piñón de mando (9), montado en el eje de accionamiento (10), engrana con los casquillos del bastidor de accionamiento y proporciona la rotación del tambor. Para absorber la fuerza de reacción del par de salida, los bastidores de ambas unidades de accionamiento se fijan entre sí mediante un soporte de par (11). Los

tornillos de ajuste (12) se pueden utilizar para levantar o bajar la unidad de accionamiento para ajustar la holgura entre los piñones de accionamiento y el bastidor.

FIGURA NO. 4.8  
UNIDAD DE TRANSMISIÓN DEL TAMBOR



Fuente: Planos del equipo

El área de trabajo del acoplamiento y el freno se asegura mediante una cubierta protectora (13). El freno es autoajustable y está equipado con un interruptor de proximidad para monitorear el estado "brakeopen". Tanto el motor como la caja de engranajes están

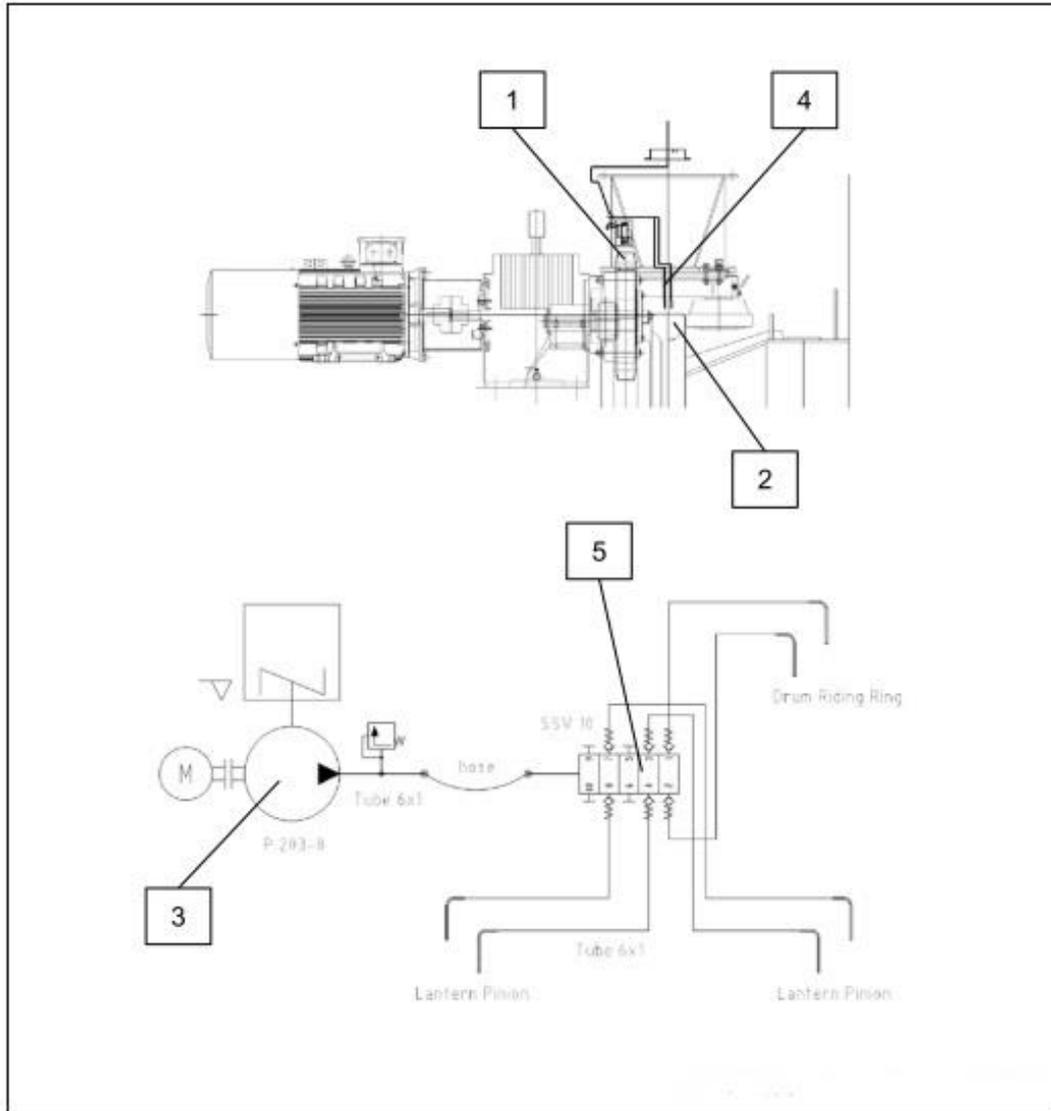
cubiertos con techos de protección (14,15) para evitar que se ensucien y expongan al sol. Las unidades de tambor se suministran con una unidad de control local para permitir la operación manual en caso de reparación. Cada unidad de accionamiento está controlada por un convertidor de frecuencia (variador de frecuencia) dedicado para tener una opción de ajuste para la velocidad del tambor. Además, los convertidores de frecuencia desaceleran el tambor, mientras que los frenos funcionan como frenos de retención.

### **Equipo de lubricación del tambor**

#### **Piñones de impulsión del tambor y la superficie de rodadura del anillo de conducción o rotación Lado A**

De acuerdo a las figuras 4.9 y 4.10. los dos piñones (1) y el anillo de conducción (2) están provistos de un dispositivo de lubricación central automática, que consiste en una bomba de grasa común (3), líneas de lubricación (4) y un distribuidor de grasa (5). Cuando la bomba funciona, la grasa gotea de dos tubos en cada punto de lubricación. La señal vacía se muestra en el panel de la cabina del operador. Una adaptación manual de la salida del lubricante se puede alcanzar ajustando el elemento de la bomba. La bomba es controlada por el control lógico programable (PLC), pero también puede ser accionada manualmente por medio de un botón pulsador.

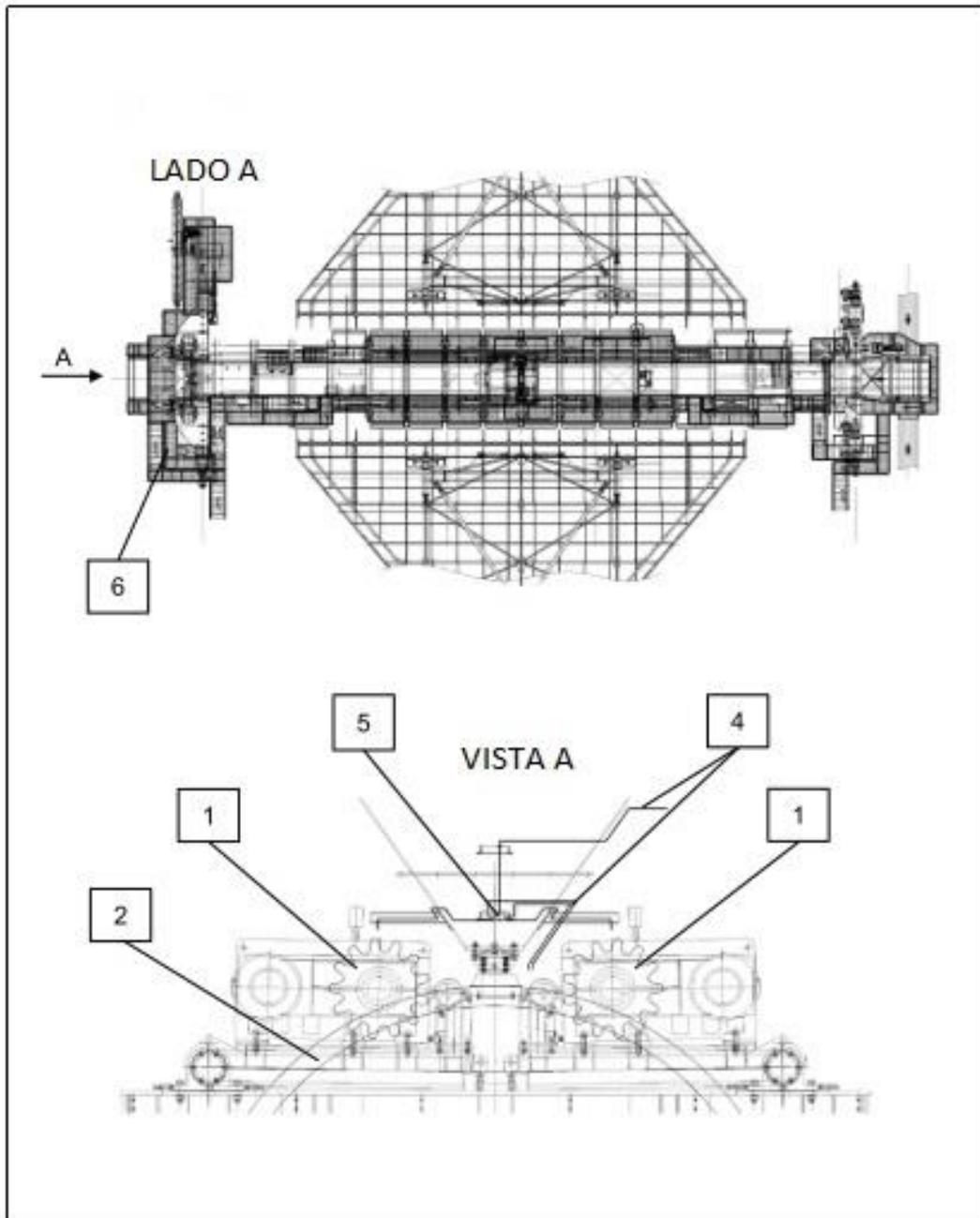
FIGURA NO. 4.9  
EQUIPO DE LUBRICACIÓN DEL PIÑÓN DE IMPULSIÓN LADO A



Fuente: Planos del equipo

La bomba y el depósito de grasa están instalados dentro de un gabinete (6) en la pata fija del recolector de mineral.

FIGURA NO. 4.10  
EQUIPO DE LUBRICACIÓN DEL PIÑÓN DE IMPULSIÓN DEL TAMBOR  
LADO A

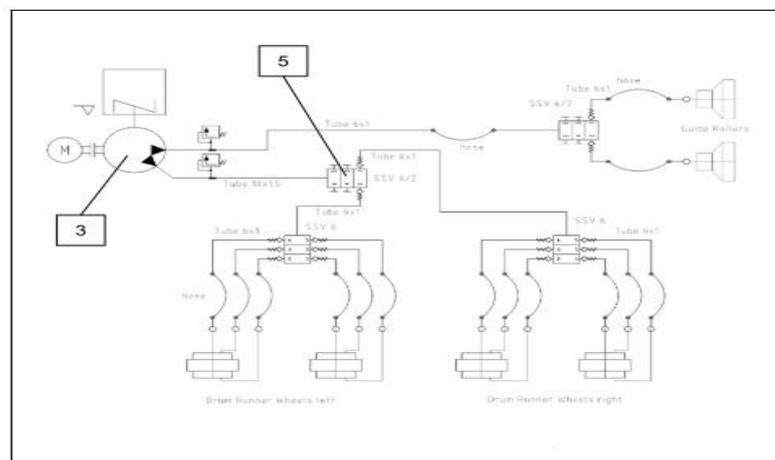


Fuente: Planos del equipo

## Bogies y rodillos guía del anillo de rotación del tambor Lado A

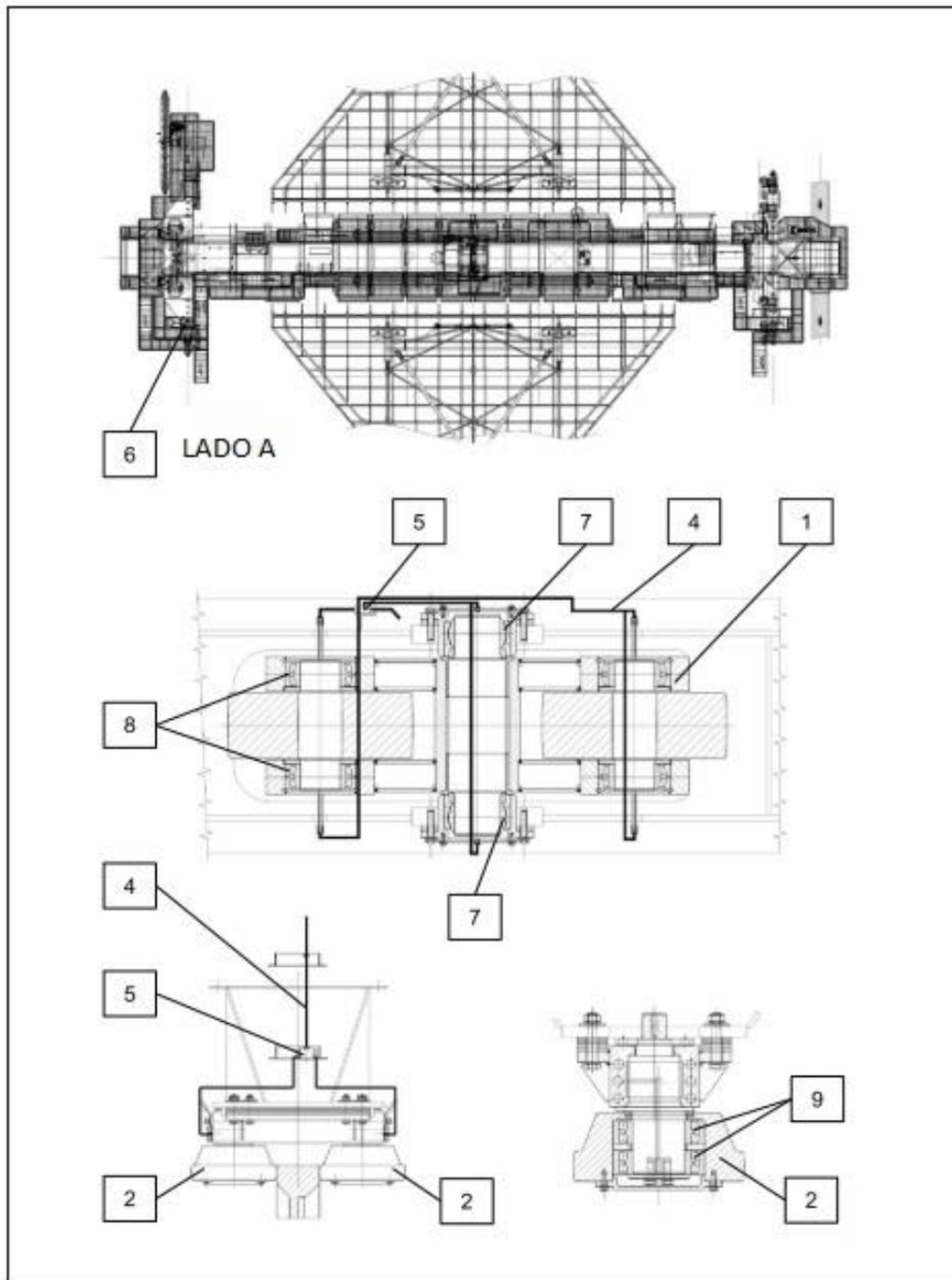
De acuerdo con las figuras 4.11 y 4.12 los dos bogies de 2 rodillos (1) con un total de cuatro ruedas y los dos rodillos guía (2) en el lado de la pata fija cuentan con un sistema de lubricación central automática, que consiste en una bomba de grasa común (3) con un motor, líneas de lubricación (4) y cuatro distribuidores de grasa (5). La bomba y el depósito de grasa están instalados dentro de un gabinete (6) en la pata fija del recolector de mineral. Los puntos de lubricación individuales son los rodamientos esféricos lisos (7), rodamientos de rodillos y juntas de cada rueda (8), rodamientos de rodillos y juntas de cada rodillo guía (9). Para habilitar un control electrónico del nivel de grasa, el tanque está equipado con un control de nivel ultrasónico. La señal vacía se muestra en el panel de la cabina del operador. Se puede alcanzar una adaptación manual de la salida del lubricante ajustando los elementos de la bomba. La bomba es controlada por el controlador lógico programable (PLC), pero también puede ser accionada manualmente por medio de un botón pulsador.

FIGURA NO. 4.11 EQUIPO DE LUBRICACIÓN DE LOS BOGIES Y RODILLOS GUÍA DEL ANILLO DE ROTACIÓN DEL TAMBOR LADO A



Fuente: Planos del equipo

FIGURA NO. 4.12  
EQUIPO DE LUBRICACIÓN DE LOS BOGIES DE LOS RODILLOS GUÍA  
DEL ANILLO DE ROTACIÓN DEL TAMBOR LADO A



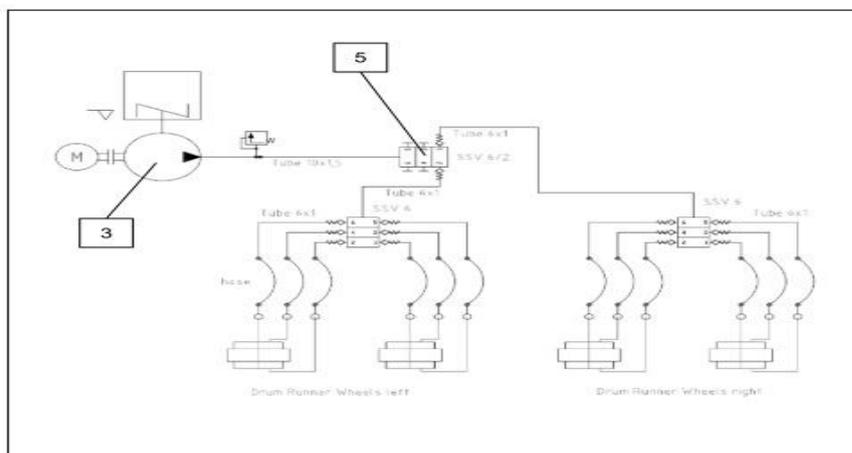
Fuente: Planos del equipo

## Bogies y rodillos guía del anillo de rotación del tambor Lado B

De acuerdo a las figuras 4.13 y 4.14 los dos bogies de 2 ruedas (1) con un total de cuatro ruedas (2) en el lado de la pata del péndulo cuentan con un sistema de lubricación central automático, que consiste en una bomba de grasa común (3) con un motor, líneas de lubricación (4) y tres distribuidores de grasa (5). La unidad de la bomba (6) con el depósito de grasa se instala dentro del puente del portal, cerca de la pata del péndulo del recolector de mineral. Los puntos de lubricación individuales son los rodamientos esféricos lisos y juntas de cada carcasa de bogie (7) - Rodamientos de rodillos y juntas de cada rueda (8) Para habilitar un control electrónico del nivel de grasa, el tanque está equipado. La señal de nivel de grasa vacío se muestra en el panel de la cabina del operador. Una adaptación manual de la salida del lubricante se puede alcanzar ajustando el elemento de la bomba. La bomba es controlada por el controlador lógico programable (PLC), pero también puede ser accionada manualmente por medio de un botón pulsador.

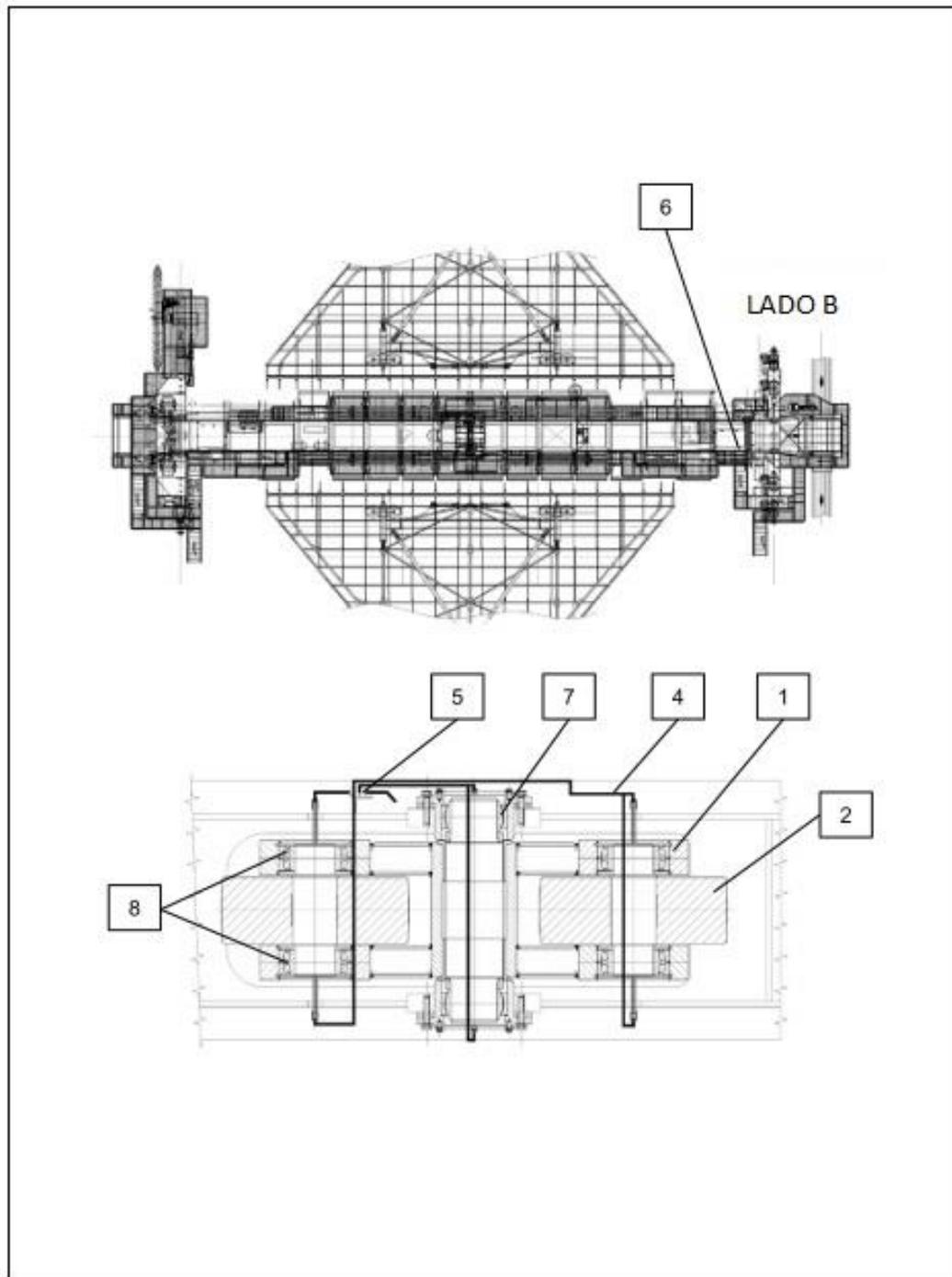
FIGURA NO. 4.13

### EQUIPO DE LUBRICACIÓN DE LOS BOGIES Y RODILLOS GUÍA DEL ANILLO DE ROTACIÓN DEL TAMBOR LADO B



Fuente: Planos del equipo

FIGURA NO. 4.14  
EQUIPO DE LUBRICACIÓN DE LOS BOGIES Y RODILLOS GUÍA DEL ANILLO DE ROTACIÓN DEL TAMBOR LADO B

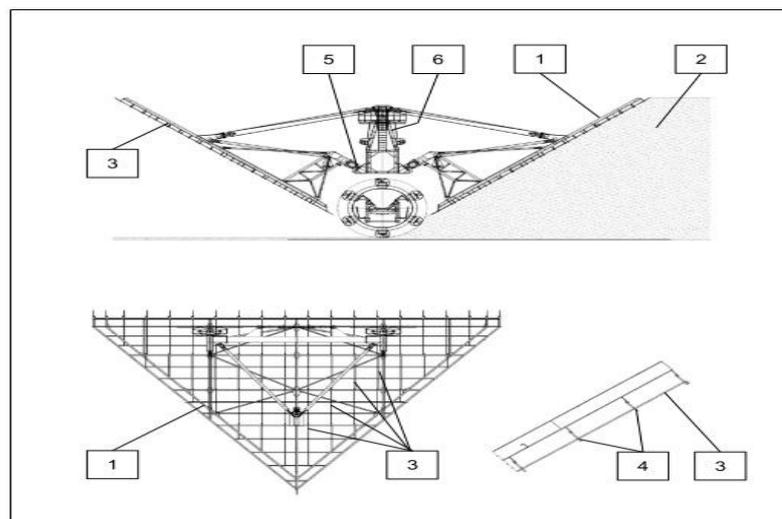


Fuente: Planos del equipo

## Rastras

De acuerdo con la figura 4.15 se tiene que, para permitir una operación bidireccional del recuperador de tambor, hay un rastrillo (1) instalado para cada dirección de trabajo. Cuando la máquina funciona, solo está en funcionamiento el rastrillo en el lado de la pila a recuperar (2). Los rastrillos provocan el flujo del mineral de hierro por encima del área de excavación de los cubos del tambor. Las barras (3) hechas de acero de refuerzo para concreto, que están atrapadas en los soportes (4) hechas de placas de desgaste, penetran en la superficie de la pila. Estas piezas se pueden cambiar fácilmente cuando están desgastadas. Para lograr el flujo del mineral de hierro, los rastrillos viajan a lo largo del puente sobre rieles redondas (5) de acero. Debido a la gran área del rastrillo, solo se necesitan pequeños movimientos para cubrir toda la cara de la pila. Los rastrillos se pueden ajustar en altura e inclinación independientemente uno del otro. Están suspendidos en la torre de rastrillo (6) en el medio del puente.

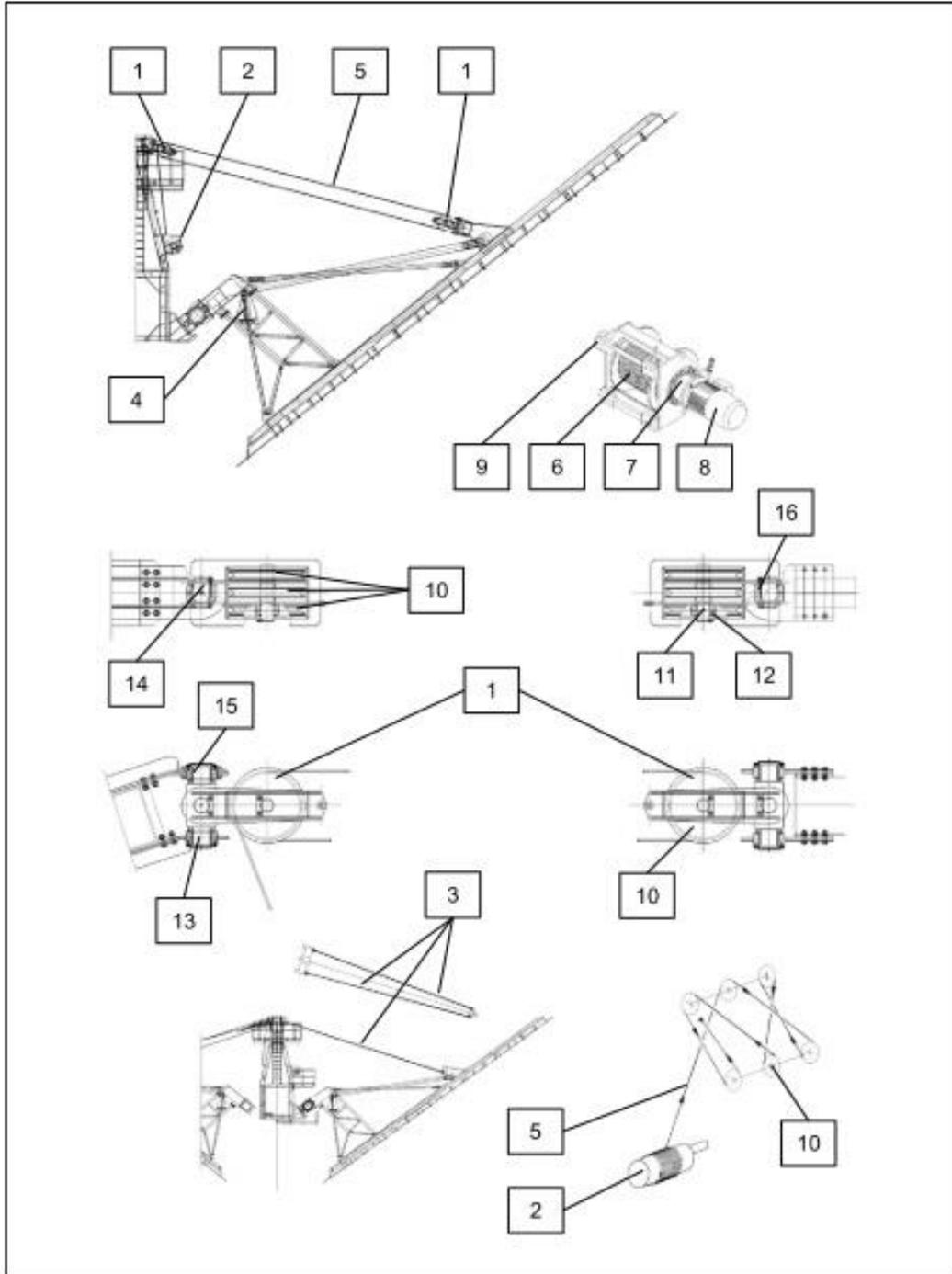
FIGURA NO. 4.15  
PARTES PRINCIPALES DE LA RASTRA



Fuente: Planos del equipo

De acuerdo con la figura 4.16 se tiene que la suspensión del rastrillo consta de dos bloques de polea (1) y un cabrestante eléctrico (2) por rastrillo. Cada rastrillo se puede ajustar continuamente en inclinación entre aproximadamente  $26^\circ$  y  $53^\circ$ . La inclinación para un funcionamiento óptimo será de aproximadamente  $2$  a  $3^\circ$  por encima del ángulo de reposo del material. Además, se instalan dos cables de seguridad (3) por rastrillo, que mantienen el rastrillo en una posición de  $36^\circ$  en caso de fallo del cabrestante, respectivamente en caso de trabajos de mantenimiento. Si el rastrillo se va a bajar más allá de la posición de  $36^\circ$ , estas cuerdas se deben quitar primero. La inclinación real del rastrillo se muestra mediante un indicador de ángulo mecánico (4). El cabrestante está equipado con una cuerda (5), un tambor de cuerda (6), una caja de transmisión (7), un motor eléctrico (8) con un calentador, un freno integrado y un interruptor de límite de leva (9). El interruptor de límite de leva se usa para monitorear los extremos de operación superior e inferior, así como ambos extremos de emergencia. Para reducir las fuerzas de la cuerda, cada bloque de polea consta de tres poleas de cuerda (10), que se montan en un eje común (11) por medio de rodamientos de rodillos libres de mantenimiento (12). La suspensión del bloque de polea se realiza con una junta cardán para permitir los movimientos causados por el levantamiento del rastrillo y el desplazamiento del rastrillo. La junta carda está compuesta por dos ejes perpendiculares (13, 14), soportados por rodillos (15, 16). Cada cabrestante está provisto de una estación de control local para permitir la operación manual independiente entre sí. Durante la puesta en servicio, se debe establecer una inclinación de aproximadamente  $39$  a  $40^\circ$ . Los ajustes son posibles en cualquier momento.

FIGURA NO. 4.16  
SUSPENSIÓN DE LA RASTRA

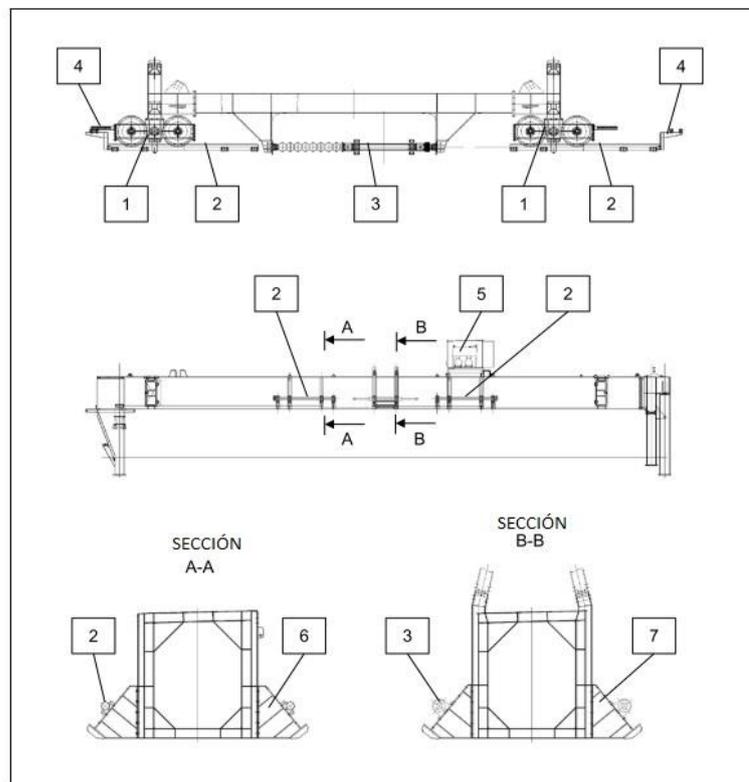


Fuente: Planos del equipo

### Equipo de viaje de la rastra

De acuerdo con la figura 4.17 se tiene que cada equipo de viaje consta de dos bogies de 2 ruedas (1), que viajan sobre rieles (2), un cilindro de accionamiento hidráulico (3) y los dispositivos de control de viaje (4). Ambos cilindros de rastrillo comparten un pistón común (5) que está instalado en el puente. Los rieles hechos de barras redondas de acero se atornillan a los soportes (6) en el lado de la viga del puente. Los rieles hechos de barras redondas de acero se atornillan a los soportes (6) en el lado de la viga del puente. Los cilindros hidráulicos se apoyan de la misma manera (7). Para tener la posibilidad de ajustar la altura del rastrillo, los rieles y los cilindros se pueden montar en cuatro posiciones diferentes. Para el ajuste fino de los rieles, se proporcionan placas de calce.

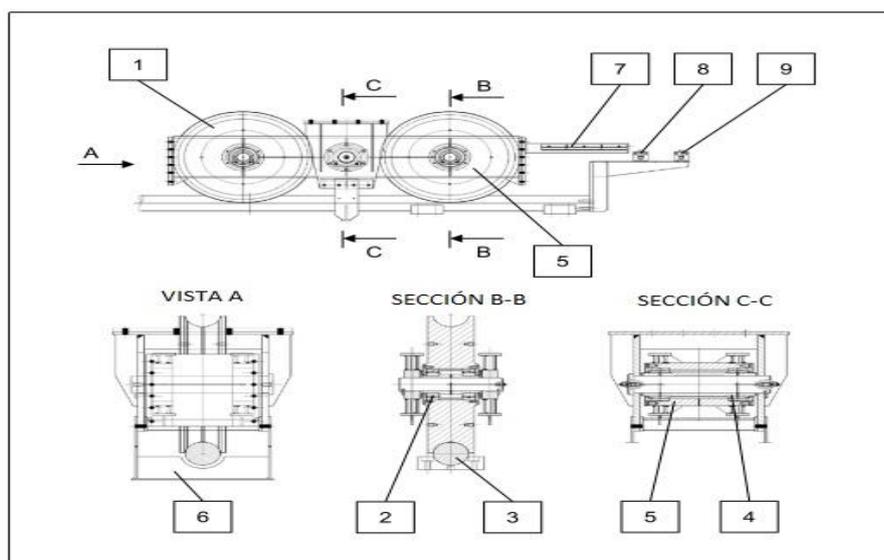
FIGURA NO. 4.17  
EQUIPO DE VIAJE DE LA RASTRA



Fuente: Planos del equipo

En la figura 4.18 se muestran las ruedas de traslación (1) están equipadas con rodamientos de rodillos esféricos (2). Gracias a la combinación del perfil semicircular de la superficie de traslación de la rueda y el perfil circular del riel (3). Este tipo especial de interfaz rueda / riel también funciona como un punto de articulación cuando se levanta el rastrillo. Los rodamientos lisos esféricos (4) se utilizan en la suspensión de los alojamientos de bogie de 2 ruedas (5). Una guía de riel (6), montada debajo del bogie de 2 ruedas, evita que las ruedas se levanten de los rieles. Hay dos interruptores de proximidad instalados en cada extremo de la vía de desplazamiento del rastrillo. Cuando el actuador (7) alcanza el primer interruptor de proximidad (8), el sistema hidráulico desacelera el movimiento del rastrillo hasta que se activa el segundo interruptor de proximidad (9). En este punto el rastrillo se detiene. Los interruptores se pueden desplazar en dirección horizontal para fines de ajuste. Cada rastrillo está provisto de una estación de control local común para el funcionamiento manual de la unidad de desplazamiento, así como el cabrestante.

FIGURA NO. 4.18  
RUEDAS DEL EQUIPO DE TRASLACIÓN DE LA RASTRA



Fuente: Planos del equipo

## **Equipo de lubricación de la rastra**

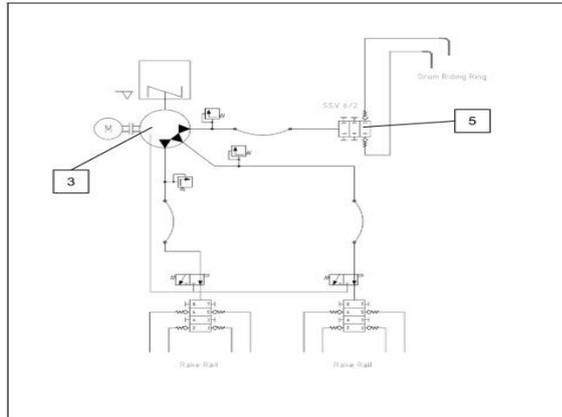
### **Riel de rastra y superficie del anillo de rotación Lado B**

De acuerdo con la fig. 4.19 y 4.20. se tiene que los cuatro rieles de rastrillo (1) y el anillo de rotación (2) del tambor están provistos de un sistema de lubricación central automática, que consiste en una bomba de grasa común (3) con tres elementos de bombeo, líneas de lubricación (4) y tres distribuidores de grasa (5). Cuando la bomba funciona, la grasa gotea de dos tubos para cada punto de lubricación.

La unidad de la bomba (6) con el depósito de grasa se instala dentro del puente del portal. Para habilitar un control electrónico del nivel de grasa, el tanque está equipado con un control de nivel ultrasónico. La señal vacía se muestra en el panel de la cabina del operador. Una adaptación manual de la salida del lubricante se puede alcanzar ajustando el elemento de la bomba. La bomba es controlada por el controlador lógico programable (PLC), pero también puede ser accionada manualmente por medio de un botón pulsador.

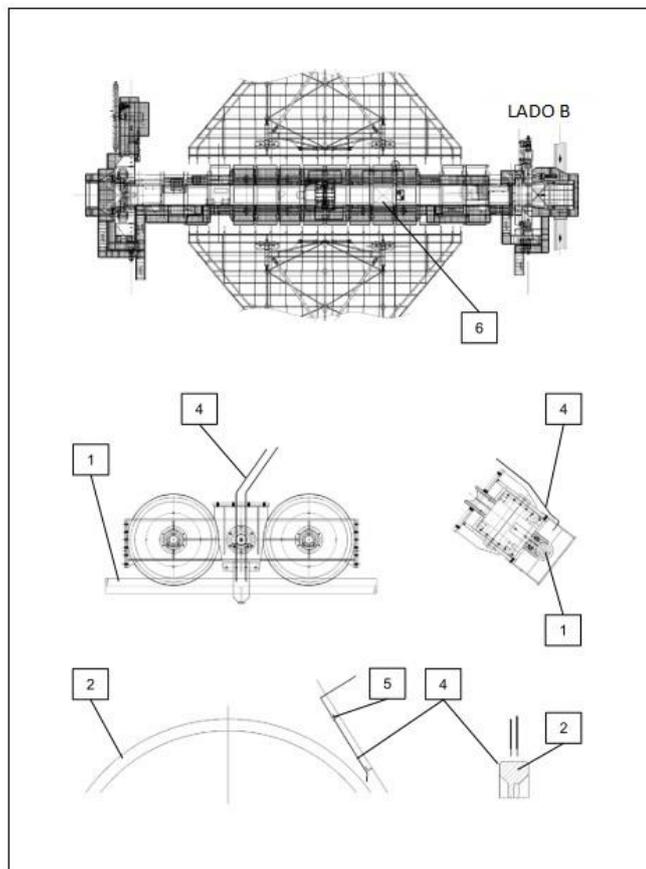
Dependiendo de la dirección de trabajo de la máquina, solo se lubricará el riel de rastrillo que le pertenece, el cambio al par de rieles de rastrillo opuestos está garantizado por la válvula solenoide. La lubricación de los rieles de rastrillo solo se realiza durante la recuperación del mineral de hierro.

FIGURA NO. 4.19  
EQUIPO DE LUBRICACIÓN DE LA RASTRA



Fuente: Planos del equipo

FIGURA NO. 4.20  
EQUIPO DE LUBRICACIÓN DE LA RASTRA



Fuente: Planos de equipo

### **Faja transportadora**

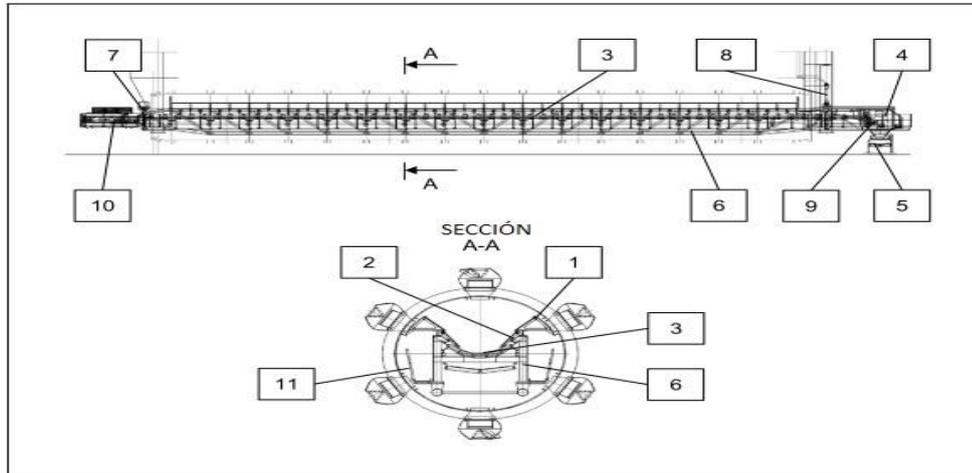
De acuerdo con la figura 4.21 se tiene que el hierro recolectado por los cubos del tambor se dirige a través de un sistema de un chute (1) y un faldón (2) hacia la faja transportadora transversal (3) que corre dentro del tambor. Desde allí, el material se transporta al de descarga (4) y desde allí a la faja que va a la planta de procesamiento de mineral (5).

La faja transportadora transversal es soportada por el pórtico transversal (6), que está suspendido por medio de unos pines (7) en la pata fija y por medio de un péndulo (8) en la pata del péndulo del portal. Este diseño permite que el pórtico del transportador siga los movimientos de la pata del péndulo.

La unidad de accionamiento (9) de la faja transportadora se coloca en el lado del péndulo, mientras que la unidad de tensora de la faja (10) está en el lado fijo.

Debido a las restricciones de espacio dentro del tambor, solo hay pequeños pasillos de mantenimiento (11) a ambos lados de la cinta transportadora. Por razones de seguridad, no está permitido utilizarlos durante el funcionamiento de la máquina. Por lo tanto, las puertas de acceso a estos pasillos deben estar aseguradas con candados y, además, están controladas por interruptores de proximidad. Si alguien abre una de estas puertas, la máquina se detendrá de inmediato.

FIGURA NO. 4.21  
FAJA TRANSPORTADORA

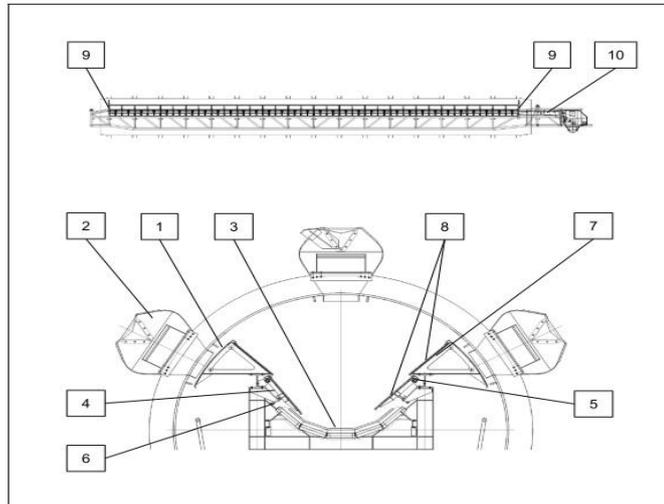


Fuente: Planos de equipo

### Chute de anillo con faldón

De acuerdo con la figura 4.1.23 se tiene que el chute de anillo (1) sirve para mantener el mineral de hierro dentro de los cubos (2) antes de que las aberturas de descarga de los cubos alcancen la posición de 45 °. Cuando el tambor gira los cubos más allá de esta posición, el mineral sale de los cubos y cae sobre la cinta transportadora (3). Para garantizar una transferencia de material bien centrada, la corriente de mineral se puede guiar ajustando la inclinación de las aletas de los faldones (4). Por lo tanto, estas aletas están equipadas con bisagras (5) y tornillos de ajuste (6). Los zócalos superiores (7) e inferiores están cubiertos con placas de goma (8) para evitar la acumulación de incrustaciones de mineral de hierro. Las cortinas de goma (9) en ambos extremos del conducto anular minimizan el polvo fuera del tambor. Entre el conducto anular y el conducto de la cabeza, hay otro zócalo (10) que evita el derrame del transportador de cinta.

FIGURA NO. 4.22  
CHUTE DE ANILLO CON FALDÓN



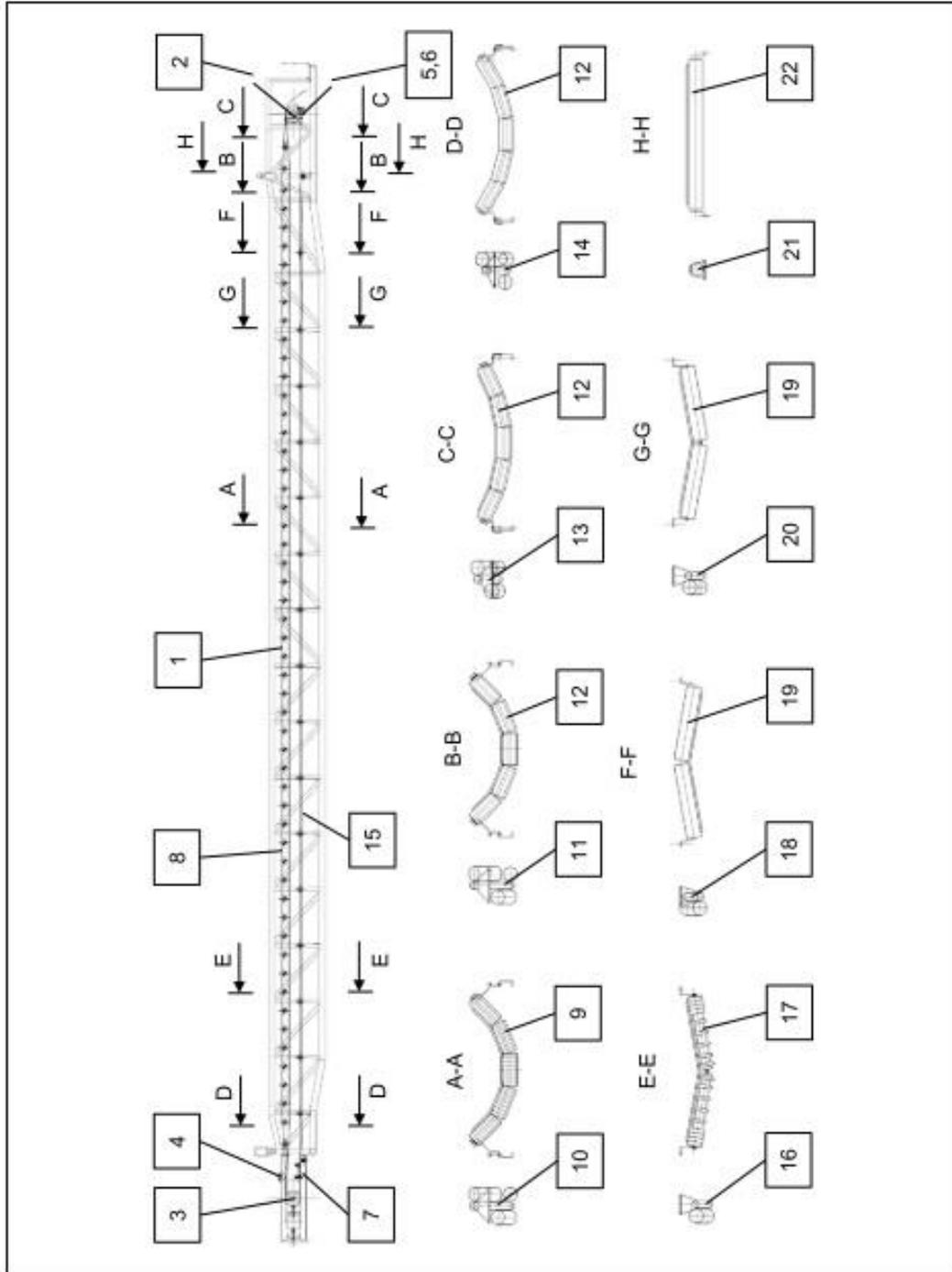
Fuente: Planos de equipo

### **Distribución de faja transportadora**

De acuerdo con la figura 4.23. se tiene que la faja (1) está montada entre la polea de transmisión (2) y la polea de retorno (3). Corre sobre los rodillos de varias estaciones inactivas, por lo que el mineral de hierro es transportado por la hebra superior de la cinta transportadora. Se proporciona una polea adicional (4) delante de la polea de retorno para mantener la correa hacia abajo. La polea de transmisión también sirve como polea de descarga, mientras que la polea de retorno también se usa como polea de tensado. En la polea de transmisión se instalan un raspador de faja previa (5) y un raspador de faja principal (6) para limpiar el lado sucio de la cinta transportadora. Para evitar que se introduzcan materias extrañas entre la polea de tensado y el lado interior de la faja, se proporciona un limpiador de la faja de seguridad (7). Debido a que la zona de alimentación abarca casi toda la longitud del tambor, la mayoría de las estaciones en la línea de transporte (8) están equipadas con rodillos de impacto (9). Cada estación (10) consta de cinco rodillos,

dispuestos de tal manera que se obtendrá el ángulo de inclinación deseado de la faja transportadora ( $45^\circ$ ). Entre la zona de alimentación y las poleas se montan estaciones locas adicionales (11), que constan de cinco rodillos lisos (12) con un ángulo de inclinación de  $45^\circ$ , entre la zona de alimentación y las poleas. Para reducir el ángulo de inclinación de la correa de  $45^\circ$  a  $0^\circ$  en las poleas, se instala una estación ociosa con un ángulo de  $25^\circ$  (13) delante de la polea de transmisión y una estación con  $30^\circ$  (14) frente a la polea de retorno. En la parte media de la línea de retorno (15), la cinta transportadora se está ejecutando en estaciones locas en forma de V (16), equipadas con dos rodillos locos con anillos de soporte (17). La forma en V garantiza un mejor seguimiento de la banda en comparación con las estaciones de rodillos planos. Para mejorar aún más la guía de la correa, se proporciona una estación de alineamiento (18) que consta de dos rodillos planos (19) dispuestos en forma de V invertida, cerca de la polea de transmisión. Entre la estación loca de alineamiento y las estaciones en forma de V, hay una estación loca (20) con dos rodillos planos (19). En frente de la polea de transmisión y la polea de retorno, se instalan estaciones locas (21) con rodillos planos simples (22). Para controlar la desalineación de la correa, hay interruptores de desalineamiento cerca de la polea de transmisión, así como cerca de la polea de retorno en ambos lados del transportador. Provocan la desconexión de la faja transportadora en caso de un accionamiento. En cada lado de la faja, hay un interruptor de emergencia de cuerda que permite detener el transportador en caso de peligro. Una sirena de advertencia y una luz de advertencia producen una señal acústica de advertencia, respectivamente, cuando la faja transportadora se pone en marcha.

FIGURA NO. 4.23  
DISTRIBUCIÓN DE LA FAJA

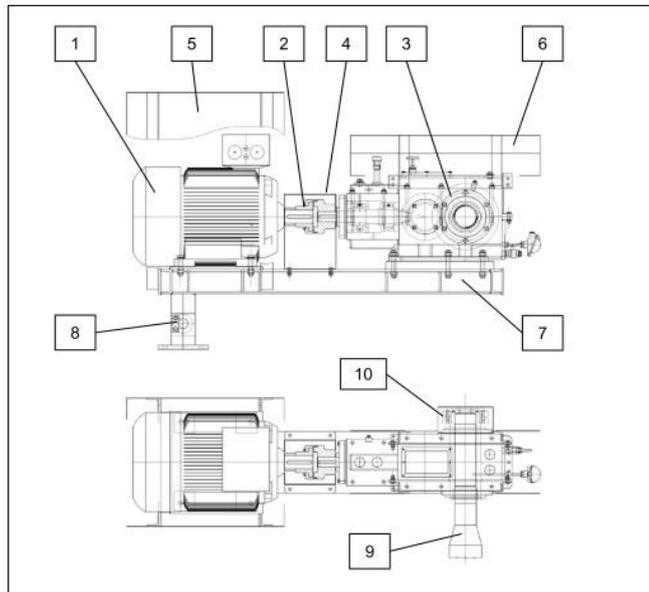


Fuente: Planos de equipo

### **Unidad de accionamiento de faja**

De acuerdo con la figura 4.24 se tiene que la cinta transportadora tiene una unidad de accionamiento que consta de un motor eléctrico controlado por un variador de frecuencia (1), un acoplamiento flexible (2) y una caja de engranajes de rueda cónica y cilíndrica (3). El área de trabajo del acoplamiento está asegurada por medio de una cubierta protectora (4). Tanto el motor como la caja de engranajes están cubiertos con techos de protección (5, 6) para evitar que se ensucien y expongan al sol. Todas estas piezas están montadas en un bastidor común (7). Para absorber las fuerzas resultantes del par motor y del peso muerto de la unidad motriz, se monta un soporte de par (8) entre el marco y la estructura de acero de la pasarela del transportador. La unidad de accionamiento está montada en el eje de la polea de transmisión (9) y bloqueada en la misma mediante un disco de contracción (10) que proporciona una conexión de tipo fricción. El par de la polea de transmisión también se transmite a la correa por fricción. La unidad de transmisión del transportador transversal está provista de una unidad de control local para permitir la operación manual en una caja botonera. Para tener una opción de ajuste para la velocidad de la correa, la unidad de accionamiento se controla mediante un convertidor de frecuencia (variador de frecuencia).

FIGURA NO. 4.24  
UNIDAD DE ACCIONAMIENTO DE LA FAJA



Fuente: Planos de equipo

### Poleas

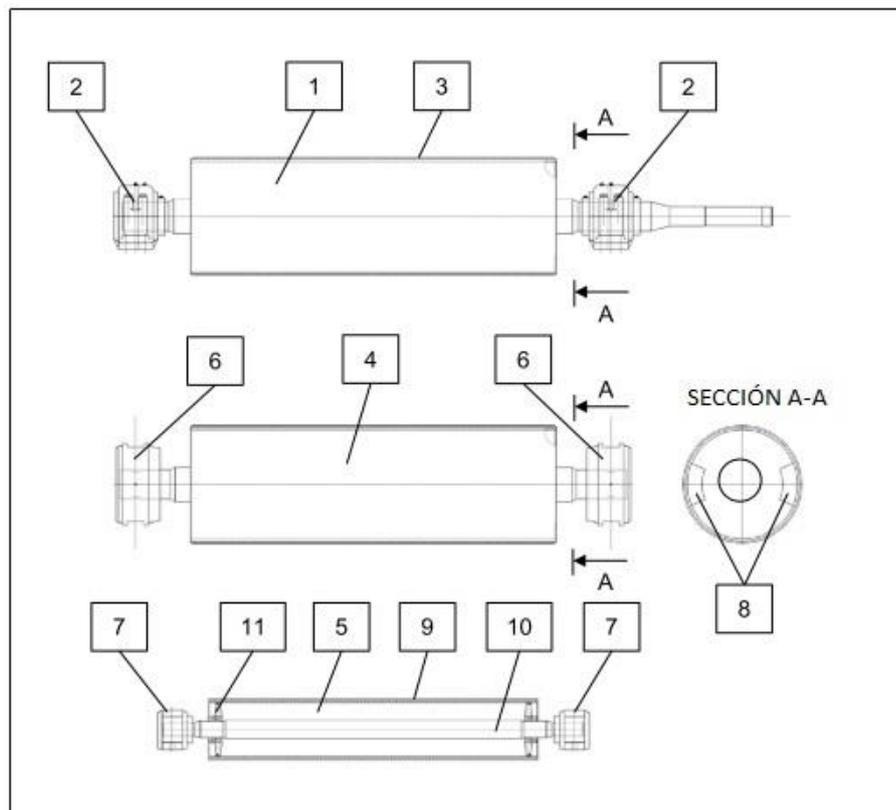
De acuerdo con la figura 4.25. se tiene que la polea de accionamiento (1) está apoyada en las chumaceras (2), montados en la estructura de acero de la faja transportadora transversal. Para mejorar la fricción entre la polea y la correa, se vulcaniza un revestimiento de caucho perfilado (3) sobre la carcasa de la polea.

La polea de retorno (4), así como la polea de apoyo (5), se vulcaniza con revestimientos de goma lisos. Ambos están montados en el tensor de faja. La polea de retorno se apoya en una chumacera (6), mientras que la polea de apoyo se sostiene en la chumacera de apoyo (7).

La polea de accionamiento y retorno están equipadas con placas metálicas (8) en la cara transversal para controlar la velocidad y el deslizamiento mediante interruptores de proximidad.

Todos los cuerpos del tambor (9) están conectados con los ejes (10) respectivamente, mediante un dispositivo de bloqueo (11).

FIGURA NO. 4.25  
POLEAS DE LA FAJA



Fuente: Planos de equipo

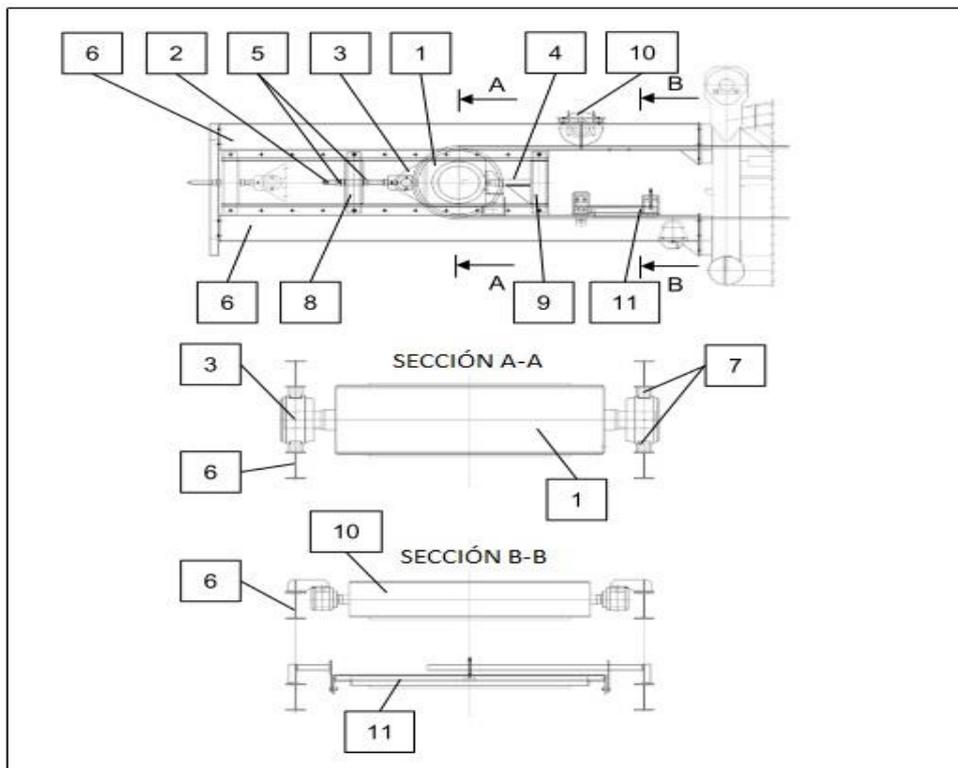
### Unidad tensora de faja

De acuerdo con la figura 4.26, vemos que con el fin de transmitir el par motor a la faja transportadora y minimizar el pandeo de la banda entre las estaciones locas, se debe pretensar la banda con cierta

fuerza. Esta fuerza se aplica a la polea de retorno (1) por los husillos de recogida (2) que están conectados positivamente con las chumaceras de la polea (3). Para ajustar la fuerza de tensado, deben utilizarse los cilindros (4) del conjunto de herramientas hidráulicas. Después del ajuste, los dos husillos de tensado se bloquean con las tuercas (5). Los cojinetes de la polea están montados de manera móvil entre las vigas superior e inferior del bastidor de tensado (6) por medio de perfiles de guía (7). Los soportes de los husillos (8) así como los soportes de cilindro (9) se pueden atornillar en cinco posiciones diferentes para adaptarse al largo de la correa. Otras piezas de la faja transportadora que se instalan en el bastidor de tensado es la polea de apoyo (10) y el limpiador de cinturón de seguridad autoajustable en forma de V (11).

FIGURA NO. 4.26

UNIDAD TENSADORA DE LA FAJA TRANSPORTADORA

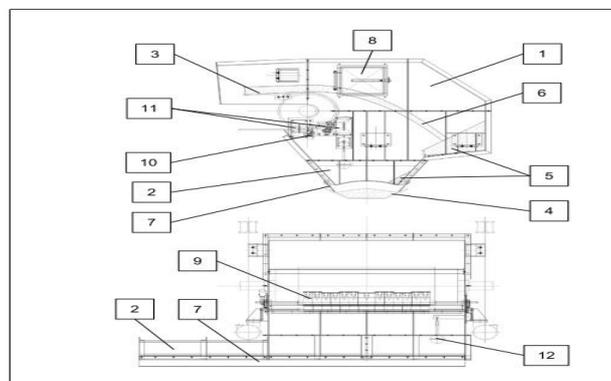


Fuente: Planos de equipo

## Chute de descarga

De acuerdo con la figura 4.28. se tiene que la parte superior del chute (1) con zócalo integrado (2) sirve para guiar el mineral de hierro desde la faja transportadora transversal (3) a la faja transportadora de alimentación a la planta de procesos de mineral (4). Para minimizar el desgaste, se proporcionan cajas de impacto (5) para evitar un impacto directo de la corriente de mineral (6) a las paredes de metal del chute. Las piezas que entran en contacto con el mineral de hierro están hechas de acero resistente al desgaste. Las bandas de goma para sellado (7) están montadas a los lados del zócalo para evitar derrames. Las puertas de inspección (8) a ambos lados del canal permiten una verificación visual del interior del canal. El limpiador previo a la banda (9) y el limpiador principal (10) se atornillan a las placas laterales del chute. Pueden inspeccionarse o intercambiarse a través de los orificios de montaje que están cubiertos con tapas (11). Un interruptor de inclinación (12), ubicado dentro del conducto del cabezal, controla la formación de bloques de material en el conducto. Cuando el interruptor responde, la faja transportadora transversal, el tambor y el rastrillo se apagarán inmediatamente.

FIGURA NO. 4.27  
CHUTE DE DESCARGA



Fuente: Planos de equipo

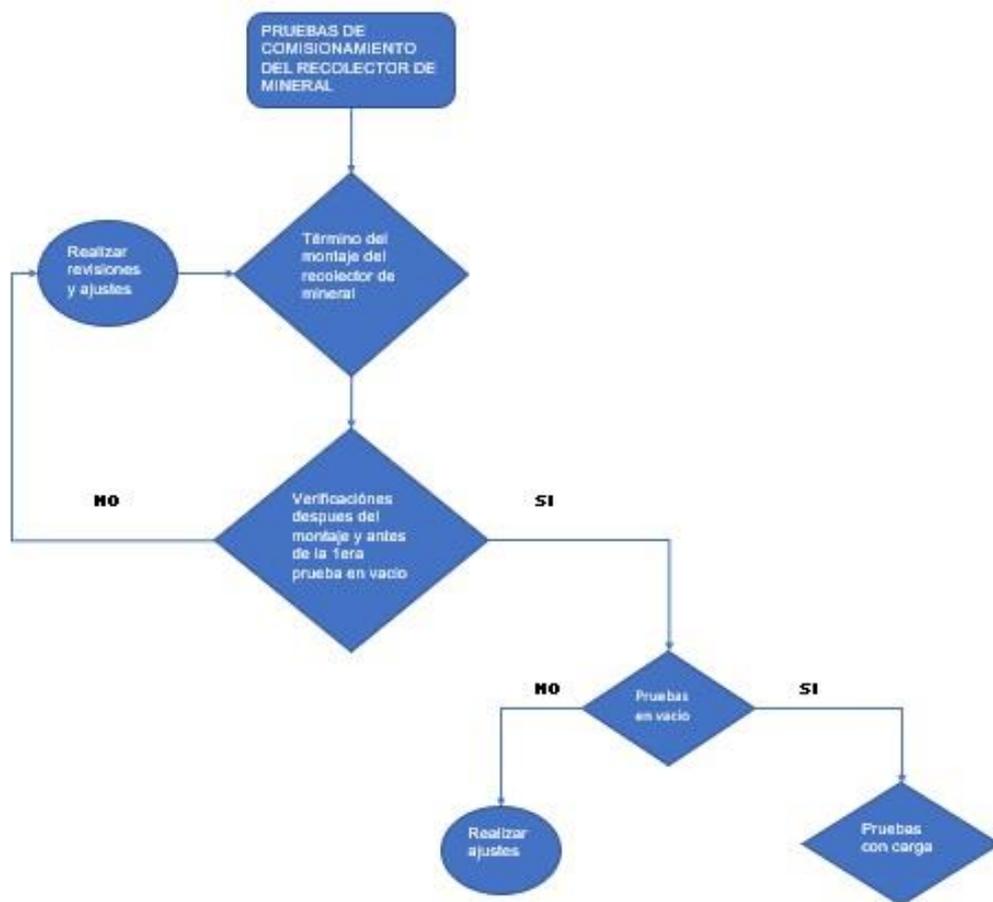
#### 4.1.2 Etapas de diseño

- Plan de comisionamiento

La figura 4.28 nos representa las tres etapas del comisionamiento

FIGURA NO. 4.28

DIAGRAMA DE FLUJO DE LAS ACTIVIDADES DE COMISIONAMIENTO



Fuente: Elaboración propia

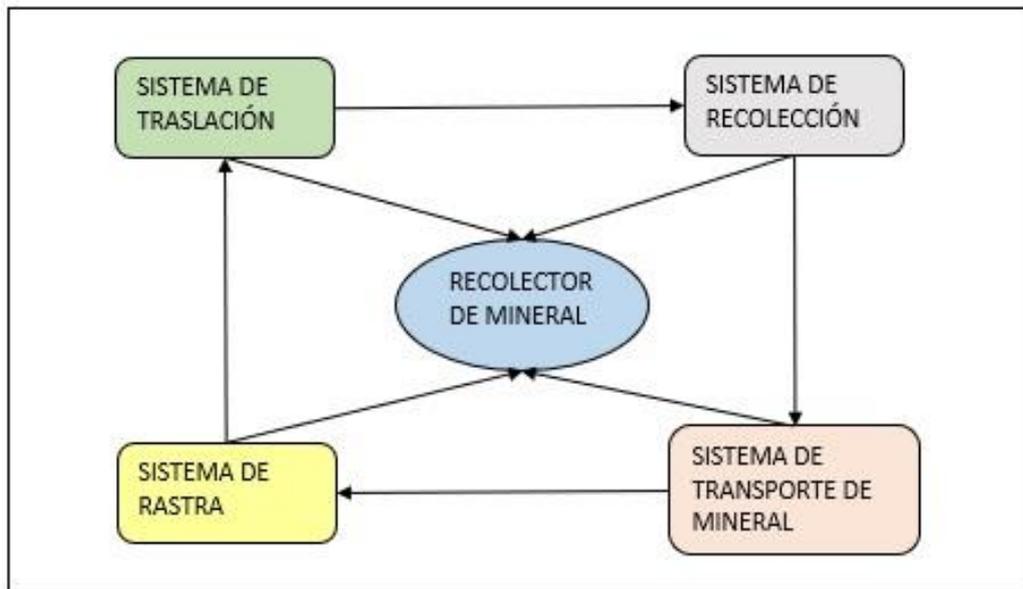
#### Alcance del comisionamiento

Los siguientes sistemas del recolector de mineral mostrados en la figura 4.29 serán encargados en este proyecto.

### Sistemas del recolector de mineral

Para poder desarrollar de manera ordenada el plan de comisionamiento se debe de dividir al recolector de mineral en sistemas.

FIGURA NO. 4.29  
DIAGRAMA DE FLUJO DE LOS SISTEMAS DEL RECOLECTOR DE MINERAL



Fuente: Elaboración propia

### Punch list

Luego de revisar e identificar las características técnicas de todos los sistemas y subsistemas del recolector de mineral, es necesario realizar caminatas que servirán para inspeccionar e identificar observaciones de la construcción y que se pueden categorizar de acuerdo con el nivel que determina su pronto levantamiento de dicha observación o no. Definiendo la categoría de observaciones se podrá



## **Categorización de observaciones**

Se debe categorizar las observaciones constructivas según niveles que determinan el inicio de las pruebas de comisionamiento.

A: Observaciones deben levantarse antes del inicio de pruebas de comisionamiento

B: Observaciones pueden ser levantadas durante las pruebas de comisionamiento

C: Observaciones pueden ser levantadas después, no afectan las pruebas de comisionamiento

## **Etapas de inspección:**

### **Después del montaje y antes de la primera prueba en vacío**

Todos los componentes del Sistema de manipulación se instalan completamente de acuerdo con la documentación.

Después de completar esta etapa todos los componentes funcionales individuales del Sistema de manejo deben funcionar perfectamente en la posición de "CONTROL LOCAL", pero sin manejar material.

### **Pruebas en vacío**

Después de completar la etapa de "funcionamiento en seco", el sistema de manejo completo debe funcionar perfectamente en el modo "CONTROL REMOTO" sin manipular el material.

### Pruebas con carga

Una vez completada esta etapa, el sistema de manejo debe funcionar perfectamente en las condiciones de manejo del material, tanto en el CONTROL LOCAL” como en la posición “CONTROL REMOTO”.

### Generación de formatos de inspección

Se deben generar los formatos de inspección que ayudan a poder validar las inspecciones durante el comisionamiento. Ver tabla 4.3

TABLA No. 4.3  
FORMATO DE PRUEBAS DE COMISIONAMIENTO

FORMATO DE PRUEBAS								
SISTEMA:								
DESCRIPCIÓN DE VERIFICACIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	DATOS DE DISEÑO	VERIFICACIÓN	CONTRATISTA COMISIONAMIENTO	VENDEDOR	CIENTE	FECHA	OBSERVACIONES
<b>FIRMA DEL VENDEDOR</b>	<b>FIRMA DEL CLIENTE</b>			<b>FIRMA DEL CONTRATISTA/COMISIONAMIENTO</b>				
NOMBRE	NOMBRE			NOMBRE				
FECHA	FECHA			FECHA				

Fuente: Elaboración propia

## Identificación de características de diseño de los sistemas del recolector de mineral

A continuación, se identifican las características técnicas de diseño de los sistemas que conforman al recolector de mineral

### Sistema de traslación

TABLA No. 4.4 I  
INFORMACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE TRASLACIÓN

DATOS TÉCNICOS		
DESCRIPCIÓN	Unidad de medida	Valor
<b>SISTEMA DE TRASLACIÓN</b>		
Disposición de mecanismo (péndulo fijo)	-	-
Ancho de vía (distancia entre rieles)	m	41
Tipo de riel	-	A100
Longitud de viaje máximo	m	1053
Longitud de viaje operacional	M	1049
Velocidad de viaje de reubicación máxima	m/min	15
Velocidad de viaje de reubicación mínima	m/min	4
Velocidad de recolección máxima	m/min	0.115
Velocidad de recolección mínima	m/min	0.028
Potencia del motor principal de viaje (8x)	KW	6,8
Torque de motor principal	Nm	30
Potencia de motor secundario (8x)	KW	0,44
Torque de motor secundario	Nm	2,5

Fuente: Elaboración propia con referencia a manual de equipo

De acuerdo al análisis de la información técnica correspondiente al sistema de traslación se puede determinar las actividades de verificación durante las 3 etapas de comisionamiento.

**Actividades de verificación a realizar después del montaje y antes de la primera prueba en vacío del sistema de traslación**

TABLA No. 4.5

**LISTA DE VERIFICACIONES ANTES DE LA PRIMERA PRUEBA EN VACIO DEL SISTEMA DE TRASLACIÓN**

<b>VERIFICACIONES DESPUÉS DEL MONTAJE Y ANTES DE PRIMERA PRUEBA EN VACIO DEL SISTEMA DE TRASLACION</b>		
<b>Correcta Instalación y montaje de:</b>	<b>Tiempo de verificación (hr)</b>	<b>Verificación</b>
Motor eléctrico (principal y secundario)	1	Torquímetro
Acoplamientos	0.5	torquímetro
Frenos	0.5	torquímetro
Cajas de transmisión	0.5	torquímetro
Llenado de aceite en la caja de transmisión de motores principales	1	nivel de aceite
Llenado de aceite en la caja de transmisión de motores secundarios	1	nivel de aceite
Movimiento de ruedas	1	nivel de aceite
Llenado de grasa en rodamientos de cada rueda	1	grasera
Amortiguadores	0.5	torquímetro
Limpiadores de riel (verificar distancia entre limpiador y riel)	0.5	wincha
Seguros de riel	0.5	torquímetro
Aterramiento de rieles	0.5	torquímetro
Puntos de lubricación	1	grasera
Luces de emergencia	0.5	visual
Sirena de emergencia	0.5	visual

Fuente: Elaboración propia

**Actividades de verificación durante las pruebas en vacío del sistema de traslación**

TABLA No. 4.6

**LISTA DE VERIFICACIONES DURANTE LAS PRUEBAS EN VACÍO DEL SISTEMA DE TRASLACIÓN**

<b>VERIFICACIONES PARA PRUEBAS EN VACIO DEL SISTEMA DE TRASLACIÓN</b>		
<b>verificar:</b>	<b>Intervalo de tiempo (hrs)</b>	<b>verificación</b>
Velocidad de trabajo del sistema de traslación	8	visual
Velocidad sin carga del sistema de traslación	8	visual
Verificación de sonidos inusuales o vibraciones en motor y sistema de transmisión	8	vibrómetro
Verificación de sonidos inusuales en rodamientos	8	
Verificar temperatura de caja de transmisión	8	termómetro
Verificar si existe sonidos inusuales en la caja de transmisión	8	vibrómetro
Verificar nivel de aceite en sistema de transmisión	48	visual
Amortiguadores	48	visual
Limpiadores de riel	8	visual
Verificar la función de sistema de lubricación por grasa para los rodamientos de las ruedas de viaje	8	visual
Verificar el trabajo de las tuberías del sistema de lubricación	8	visual
Verificar la limpieza entre los bogies y soportes de amortiguación ubicado en rieles	8	visual

Fuente: Elaboración propia

**Actividades de verificación a realizar durante las pruebas con carga del sistema de traslación**

TABLA No. 4.7

**LISTA DE VERIFICACIONES DE LAS PRUEBAS CON CARGA DEL SISTEMA DE TRASLACIÓN**

<b>VERIFICACIONES PARA PRUEBAS CON CARGA DEL SISTEMA DE TRASLACIÓN</b>		
<b>verificar:</b>	<b>Intervalo de tiempo (hrs)</b>	<b>verificación</b>
Verificar sonidos inusuales de los rodamientos de las ruedas	48	vibrómetro
Verificar la temperatura de los motores	8	termómetro
Verificar el funcionamiento del dispositivo de desalineamiento	8	visual
Verificar el funcionamiento de los interruptores límites de viaje	8	visual
Verificar el funcionamiento de los interruptores de proximidad	8	visual
Sonidos inusuales en la caja de transmisión	8	vibrómetro

Fuente: Elaboración propia

De las pruebas se puede deducir que podrían existir las siguientes fallas:

- a). No traslada al recolector de mineral
- b). Traslado del recolector de mineral por debajo de los 0.008 m/s

## Sistema de recolección

TABLA No. 4.8  
INFORMACIÓN TÉCNICA DEL RECOLECTOR DE MINERAL

<b>DATOS TÉCNICOS</b>		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Valor</b>
<b>SISTEMA DE RECOLECCIÓN</b>		
Diámetro del tambor	m	4.2
Diámetro del círculo de corte	m	6.2
Número de cubos o baldes	Und.	66
Velocidad de rotación del tambor (ajustable de 3.0 a 4.5 rpm)	rpm	4
Número de motores del tambor	Und.	2
Potencia del motor (2x)	KW	86
Velocidad de rotación del tambor	rpm	4,0
Torque de motor principal	Nm	456

Fuente: Elaboración propia con referencia a manual de equipo

De acuerdo al análisis de la información técnica correspondiente al sistema de traslación se puede determinar las actividades de verificación durante las 3 etapas de comisionamiento.

**Actividades de verificación a realizar después del montaje y antes de la primera prueba en vacío del sistema de recolección**

TABLA No. 4.9

**LISTA DE VERIFICACIONES ANTES DE LAS PRUEBAS EN VACIO DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN**

<b>VERIFICACIONES DESPUES DEL MONTAJE Y ANTES DE PRIMERA PRUEBA EN VACIO DEL TAMBOR RECOLECTOR</b>		
<b>verificar:</b>	<b>Intervalo de tiempo (hrs)</b>	<b>verificación</b>
Anillo de rotación con pernos de alta resistencia	1	torquímetro
Soporte de tambor con pernos milimétricos grado 10.9 DIN 912	1	torquímetro
Pernos del bastidor de la unidad motriz	1	torquímetro
Cubos con aletas y forros de goma	2	visual/torqueo
Raspadores de cubos y raspadores internos	2	visual/torqueo
Rodillos de suspensión del tambor recolector (4x)	1	visual
Llenado de grasa en rodamientos de cada rodillo	3	visual
Aplicación de grasa en pernos de los bogies	2	visual
Rodillos guía lado péndulo	0.5	torquímetro
Ajuste de rodillos guía del tambor	0.5	torquímetro
Motores	2	torquímetro
Caja de transmisión	2	torquímetro
Llenado de aceite en caja re transmisión	1	visual
Acoplamiento flexible	1	torquímetro
Freno de seguridad	1	torquímetro
Guarda de seguridad	0.5	visual
Piñón y cojinete de ejes	0.5	visual/torqueo
Eje de piñón	0.5	visual/torqueo
Comprobar la lubricación de todos los rodamientos	5	visual

Fuente: Elaboración propia

**Actividades de verificación a realizar durante las pruebas en vacío del sistema de recolección**

TABLA No. 4.10  
LISTA DE VERIFICACIONES DE PRUEBAS EN VACIO DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN

<b>LISTA DE VERIFICACIONES PARA PRUEBAS EN VACIO DEL TAMBOR RECOLECTOR</b>		
<b>verificar:</b>	<b>Intervalo de tiempo (hrs)</b>	<b>verificación</b>
Inspeccionar el rodamiento del eje del piñón (verificar sonidos inusuales)	8	vibrómetro
Temperatura del cojinete del eje del piñón	8	pirómetro
Temperatura de la caja de transmisión	8	pirómetro
Sonidos inusuales en la caja de transmisión	8	vibrómetro
Nivel de aceite en la caja de transmisión	48	visual
Ajuste centrado del piñón en el bastidor de la unidad motriz	48	visual
Verificar la función de los interruptores de límite	8	visual

Fuente: Elaboración propia

**Actividades de verificación a realizar durante las pruebas con carga del sistema de traslación**

TABLA No. 4.11  
LISTA DE PRUEBAS CON CARGA DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN

<b>VERIFICACIONES PARA PRUEBAS CON CARGA DEL TAMBOR RECOLECTOR</b>		
<b>verificar:</b>	<b>Intervalo de tiempo (hrs)</b>	<b>verificación</b>
Ajuste la velocidad del tambor para optimizar la caída del material al canal del tambor y al transportador transversal	8	visual
Verificar las características de funcionamiento del tambor durante los viajes de trabajo a lo largo del riel	8	visuak

Fuente: Elaboración propia

De las pruebas se puede deducir que podrían existir las siguientes fallas:

- a). No gira el tambor recolector
- b). Giro lento del tambor recolector

### Sistema de rastra

TABLA No. 4.12  
INFORMACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE RASTRA

<b>DATOS TÉCNICOS</b>		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Valor</b>
<b>SISTEMA DE RASTRA</b>		
Potencia del motor (HPP)	KW	104
Número de ciclos por minuto	1/min	6,0
Distancia de viaje de la rastra	mm	2020
Número de rastrillos	und	2
Velocidad de rastra	m/min	24
<b>WINCHE DE RASTRA</b>		
Potencia del motor	KW	2,55
Velocidad de cuerda	m/min	2,0
Torque de motor	Nm	14
Par de frenado	Nm	60

Fuente: Elaboración propia con referencia a manual de equipo

De acuerdo al análisis de la información técnica correspondiente al sistema de traslación se puede determinar las actividades de verificación durante las 3 etapas de comisionamiento.

**Actividades de verificación a realizar después del montaje y antes de la primera prueba en vacío del sistema de rastra**

TABLA No. 4.13

LISTA DE VERIFICACIONES ANTES DE LAS PRUEBAS EN VACIO DEL SISTEMA DE RASTRA

<b>VERIFICACIONES DESPUES DEL MONTAJE Y ANTES DE PRIMERA PRUEBA EN VACIO DE LA RASTRA</b>		
<b>verificar:</b>	<b>Intervalo de tiempo (hrs)</b>	<b>verificación</b>
Ruedas de viaje de la rastra	1	visual
Verificar la lubricación de los rodamientos de las ruedas de viaje	2	visual
Puntos articulados del soporte de rastra	4	torquímetro
Puntos articulados del soporte de la unidad motriz del tambor	4	torquímetro
Puntos articulados de los bogies de suspensión del tambor	2	torquímetro
Puntos articulados del cilindro hidráulico	1	torquímetro
Verificar el sellado de los puntos articulados	0.5	visual
Puntos de lubricación: rodamientos de ruedas de viaje	0.5	visual
Equipo de lubricación automática (ubicación en el puente cerca de la unidad del tambor en el lado fijo)	1	visual
Puntos de lubricación: rodamientos de rodillos para suspensión de tambor, soporte de piñón y rodamientos de apoyo de accionamiento de tambor (rodillos ø300)	1	visual
Equipo de lubricación automática (ubicado cerca de bogies de rodillos de suspensión / lado del péndulo)	1	visual
Puntos de lubricación rodamientos de rodillos para tambor suspensión péndulo lateral	1	visual
Sistema de lubricación automática (ubicado en el puente cerca de la unidad del tambor en el lado fijo)	1	visual
Puntos de lubricación: anillo de rodamiento en el lado fijo y piñones de accionamiento	1	visual
Equipo de lubricación automática (ubicado al medio del puente)	1	visual
Puntos de lubricación: carriles de arrastre y anillo de montar en el lado péndulo	1	visual
puntos de lubricación, distribuidores y válvulas de seguridad	1	visual
Sistema de tuberías, mangueras	2	visual
Estación de bombeo correctamente instalada, alineada y conectada	1	visual
Rueda de cable	1	visual
Polea de carga de faja	1	visual
Polea de retorno y tensador de faja	1	visual
Rodamientos de las ruedas del rastrillo	2	visual
Verificar llenado de grasa	8	visual

Fuente: Elaboración propia

**Actividades de verificación a realizar durante las pruebas en vacío del sistema de rastra**

TABLA No. 4.14

**LISTA DE VERIFICACIONES DE PRUEBAS EN VACIO DEL SISTEMA DE RASTRA**

<b>VERIFICACIONES PARA PRUEBAS EN VACIO DE LA RASTRA</b>		
<b>verificar:</b>	<b>Intervalo de tiempo (hrs)</b>	<b>verificación</b>
Verificar el rango de ajuste del rastrillo por el winche	8	visual
Verificar el rango de movimiento del carro de la rastra	8	visual
Verificar la velocidad de la rastra (ciclos por minuto - cpm)	8	visual
Verificar el correcto ajuste de los interruptores de límite	8	visual
Verificar el desplazamiento de las ruedas para un funcionamiento sin problemas.	8	visual
Comprobar la función de elevación y descenso	4	visual
Posición baja de la rastra	4	visual
Posición elevada de la rastra	4	visual
Rodamientos de rodillos de suspensión de tambor, rodamientos de rodillos guía.	48	vibrómetro
Verificación de funcionamiento de alarma de viento	24	sonido
Verificación de funcionamiento de luces y sirenas de emergencia	24	visual
Verificar funcionamiento de carrete de cable para energía, control y comunicación	24	visual
Verificar sonidos inusuales en unidad motriz del carrete de cable	8	vibrómetro
Funcionamiento correcto de dispositivo de guía de cable	24	visual
Comprobar las fugas en el equipo hidráulico	48	visual
Verificar fugas en el sistema de tuberías	48	visual
Verificar el nivel de aceite en el tanque	48	visual
Verificar la temperatura en el tanque	8	pirómetro
Verificar el motor - sonidos inusuales y vibraciones en las bombas	8	vibrómetro

Fuente: Elaboración propia

**Actividades de verificación a realizar durante las pruebas con carga del sistema de rastra**

Las actividades de verificación durante las pruebas con carga serán similares al de las pruebas en vacío.

**TABLA No. 4.15**  
**LISTA DE VERIFICACIONES PARA LAS PRUEBAS CON CARGA DEL**  
**SISTEMA DE RASTRA**

<b>VERIFICACIONES PARA PRUEBAS EN VACIO DE LA RASTRA</b>		
<b>verificar:</b>	<b>Intervalo de tiempo (hrs)</b>	<b>verificación</b>
Verificar el rango de ajuste del rastrillo por el winche	8	visual
Verificar el rango de movimiento del carro de la rastra	8	visual
Verificar la velocidad de la rastra (ciclos por minuto - cpm)	8	visual
Verificar el correcto ajuste de los interruptores de límite	8	visual
Verificar el desplazamiento de las ruedas para un funcionamiento sin problemas.	8	visual
Comprobar la función de elevación y descenso	4	visual
Posición baja de la rastra	4	visual
Posición elevada de la rastra	4	visual
Rodamientos de rodillos de suspensión de tambor, rodamientos de rodillos guía.	48	vibrómetro
Verificación de funcionamiento de alarma de viento	24	sonido
Verificación de funcionamiento de luces y sirenas de emergencia	24	visual
Verificar funcionamiento de carrete de cable para energía, control y comunicación	24	visual
Verificar sonidos inusuales en unidad motriz del carrete de cable	8	vibrómetro
Funcionamiento correcto de dispositivo de guía de cable	24	visual
Comprobar las fugas en el equipo hidráulico	48	visual
Verificar fugas en el sistema de tuberías	48	visual
Verificar el nivel de aceite en el tanque	48	visual
Verificar la temperatura en el tanque	8	pirómetro
Verificar el motor - sonidos inusuales y vibraciones en las bombas	8	vibrómetro

Fuente: Elaboración propia

De las pruebas se puede deducir que podrían existir las siguientes fallas:

- a). No acciona la rastra para movimiento longitudinal
- b). Accionamiento longitudinal lento
- c). No acciona para movimiento angular
- d). Accionamiento lento de movimiento angular

## Sistema de transporte de mineral

TABLA No. 4.16  
INFORMACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE  
MINERAL

DATOS TÉCNICOS		
DESCRIPCIÓN	Unidad de medida	Valor
<b>SISTEMA DE TRANSPORTE DE MINERAL</b>		
Ancho de faja	mm	1500
Velocidad de faja	m/s	3.4
Potencia de motor	KW	63
Torque de motor	Nm	338

Fuente: Elaboración propia con referencia a manual de equipo

De acuerdo al análisis de la información técnica correspondiente al sistema de traslación se puede determinar las actividades de verificación durante las 3 etapas de comisionamiento.

**Actividades de verificación a realizar después del montaje y antes de la primera prueba en vacío del sistema de transporte de mineral**

TABLA No. 4.17

LISTA DE VERIFICACIONES ANTES DE LA PRUEBA EN VACIO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE MINERAL

<b>VERIFICACIONES DESPUES DEL MONTAJE Y ANTES DE PRIMERA PRUEBA EN VACIO</b>		
<b>verificar:</b>	<b>Intervalo de tiempo (hrs)</b>	<b>verificación</b>
Motor eléctrico	1	torquímetro
Caja de transmisión	1	torquímetro
Llenado de aceite	1	visual
Torqueo de los pernos de disco de contracción	1	torquímetro
Llenado de grasa en los sellos	1	visual
Acoplamiento hidráulico y elástico	1	torquímetro
Llenado de aceite en acoplamiento hidráulico	1	visual
Frenos	0.5	torquímetro
Polea motriz y retorno	0.5	torquímetro
Chumacera	0.5	torquímetro
Llenado de grasa en la chumacera de poleas	0.5	visual
Polines	5	visual
Equipo de tensado de faja	1	torquímetro
Limpiador principal de faja	1	visual
Equipo de control local	0.5	visual
Interruptores de parada de emergencia	0.5	visual
Interruptor de desalineamiento	0.5	visual
Interruptores de cuerda (pullcord)	0.5	visual
Interruptores de velocidad para control de velocidad	0.5	visual
Sirena de emergencia	0.5	visual
Luz de emergencia	0.5	visual
Control de la puerta de acceso al tambor con bloqueo	1	visual
Equipo de iluminación para escaleras de recolector de mineral	0.5	visual
Comprobar la alimentación de energía respectiva, control de alimentación al motor y demás dispositivos eléctricos	0.5	visual
Verificar las lubricaciones de todas las chumaceras	3	visual
Usar la máxima tensión en el tensador de faja	2	visual
Chute de alimentación del tambor parte superior e inferior	1	visual
Placas de desgaste de chutes	0.5	visual
Limit switches/Interruptores de limite	0.5	visual
Chute de descarga parte superior e inferior	0.5	visual
Cuerpo regulador con caja de mineral	0.5	visual

Fuente: Elaboración propia

TABLA No. 4.18

LISTA DE VERIFICACIONES PARA PRUEBAS EN VACIO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE MINERAL

<b>VERIFICACIONES PARA PRUEBAS EN VACIO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE MINERAL</b>		
<b>verificar:</b>	<b>Intervalo de tiempo (hrs)</b>	<b>verificación</b>
Verificar correa transportadora	8	visual
Tensión de faja	48	visual
Velocidad de faja	8	visual
Fuerza de equipo de tensado	8	visual
Polines	8	visual
Verificar la fácil rotación y contacto con la faja	8	visual
Limpiador de faja	48	visual
Verificar la tensión adecuada y contacto con la faja	48	visual
Limpiador de seguridad de faja	48	visual
Verificar si existe sonidos inusuales en caja de transmisión	8	vibrómetro
Temperatura de caja de transmisión	8	pirómetro
Nivel de aceite en caja de transmisión	48	visual
Equipo de control local, interruptores de emergencia y de parada	8	visual
Interruptores de desalineamiento	8	visual
Interruptor de cuerda de parada de emergencia	8	visual
Sensor de velocidad en polea de retorno	8	visual
Interruptor de señal de bloqueo	8	visual
Sirena de emergencia	8	visual
Luces de emergencia	8	visual
Monitoreo de la puerta de accesos al tambor	8	visual
Equipo de iluminación de pasarelas de tambor	8	visual

Fuente: Elaboración propia

**Actividades de verificación a realizar durante las pruebas con carga del sistema de transporte de mineral**

TABLA No. 4.19  
LISTA DE VERIFICACIONES PARA PRUEBAS CON CARGA DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE MINERAL

<b>VERIFICACIONES PARA PRUEBAS CON CARGA DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE MINERAL</b>		
<b>verificar:</b>	<b>Intervalo de tiempo (hrs)</b>	<b>verificación</b>
Recolector de mineral (máxima)	1	visual
Velocidad de faja	8	visual
Seguimiento de la banda transportadora	8	visual
Fuerza de equipo de tensado	8	visual
Verificación del correcto funcionamiento del flujo de material	1	visual
Comprobar si hay alimentación central desde la rampa del tambor a la faja transportadora transversal	8	visual
Verificar la rotación libre y contacto con la faja	2	visual
Verificar si existe sonidos inusuales y vibraciones en el motor y la chumacera	8	vibrómetro
Verificar la temperatura de la caja de transmisión	8	pirómetro
Verificar el funcionamiento del equipo de tensado de faja	8	visual
Verificar la distancia de los sellos de los faldones y la faja	8	
Verificar la adecuada tensión y función de los limpiadores de faja	8	visual
Verificar si existe sonidos inusuales en rodamientos	8	vibrómetro
Verificar temperatura de chumaceras	8	pirómetro
Verificar funcionamiento de la balanza en la faja de alimentación a la planta de procesos	1	visual

Fuente: Elaboración propia

De las pruebas se puede deducir que podrían existir las siguientes fallas:

- a). Giro lento del sistema de recolección de mineral
- b). Falta de giro del sistema de recolección de mineral

## Plan de mantenimiento

Para realizar el plan de mantenimiento preventivo usaremos la técnica del RCM por lo que tendremos los siguientes análisis de modos de falla y efecto de los sistemas que conforman el recolector de mineral:

TABLA No. 4.20  
ANÁLISIS DE MODO DE FALLA Y EFECTO DEL SISTEMA DE  
TRASLACIÓN

Hoja de información RCM		Elemento: Recolector de mineral		Nro.	Realizado por: Pedro Gardi Prudencio	Hoja
		Componente: Sistema de traslación		Ref.		De
FUNCION		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTOS DE FALLA
1	Trasladar al recolector de mineral a las pilas de hierro	A	No traslada al recolector de mineral	1	Chumacera malograda	Parada de equipo de traslación
				2	Motores dañados	
				3	Limpiador de riel desgastado	
		B	Traslado del recolector de mineral por debajo de los 0.028 m/min	1	Desgaste en transmisión de motor	Tiempo largo para ubicarse en la pila de almacenamiento de hierro
				2	Bajo aislamiento de motor	
				3	Frenos pegados al disco de freno	

Fuente: Elaboración propia

TABLA No. 4.21

HOJA DE DECISIÓN DEL SISTEMA DE TRASLACIÓN

HOJA DE DECISIÓN RCM			Elemento: RECOLECTOR DE MINERAL									Nro.	Realizado por: Pedro Gardi	Hoja:		
			Componente: Sistema de traslación									Ref.		De:		
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de"				Tareas propuestas	Frecuencia inicial	A realizar por
							S1	S2	S3							
F	FF	MF	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4				
1	A	1	N	S	N	S	S							Cambio de chumacera	2500 Hrs	Mecánico
1	A	2	N	S	S	S	S							Reparar motor	5000 Hrs	Mecánico
1	A	3	N	S	N	S	S							Cambio de limpiador	100 Hrs	Mecánico
1	B	1	N	S	S	S	S							Cambio de componentes	2500 Hrs	Mecánico
1	B	2	S	N	N	S	S							Regular frenos	1000 Hrs	Mecánico
1	B	3	N	S	N	S	S							Cambio de rodamientos	2500 Hrs	Mecánico

Fuente: Elaboración propia

TABLA No. 4.22

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL SISTEMA DE TRASLACIÓN

PLAN DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE TRASLACIÓN	
Cambio de chumacera	2500 Hrs
Reparar motor	5000 Hrs
Cambio de limpiador	100 Hrs
Cambio de componentes	2500 Hrs
Regular frenos	1000 Hrs
Cambio de rodamientos	2500 Hrs

Fuente: elaboración propia

### Sistema de recolección

TABLA No. 4.23 ANÁLISIS DE MODO DE FALLA Y EFECTO DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN

Hoja de información RCM		Elemento: Recolector de mineral		Nro.	Realizado por: Pedro Gardi Prudencio	Hoja
Función		Falla Funcional		MODO DE FALLA		De
1	Recolectar el mineral	A	No gira el tambor recolector	1	Chumacera de piñón malogrado	Parada de tambor recolector por falla
				2	Motor reductor dañado	
				3	Rodamientos de rodillos malogrados	
		B	Giro lento del tambor recolector	1	Desgaste en caja de transmisión	Menor eficiencia de producción
				2	Bajo aislamiento del motor	
				3	Frenos de disco pegados	

Fuente: Elaboración propia

TABLA No. 4.24

### HOJA DE DEICIÓN DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN

HOJA DE DECISIÓN RCM			Elemento: RECOLECTOR DE MINERAL						Nro.	Realizado por: Pedro Gardi	Hoja:				
			Componente: SISTEMA DE RECOLECCIÓN						Ref.		De:				
Referencia de información	Evaluación de las consecuencias			H1	H2	H3	Tareas "a falta de"			Tareas propuestas	Frecuencia inicial	A realizar por			
				S1	S2	S3									
F	FF	MF	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4			
1	A	1	N	S	N	S	S						Cambio de chumacera	2500 Hrs	Mecánico
1	A	2	N	S	S	S	S						Reparación de motor	5000 Hrs	Mecánico
1	A	3	N	S	N	S	S						Cambio de rodamiento	2500 Hrs	Mecánico
1	B	1	N	S	S	S	S						Cambio de componente	2500 Hrs	Mecánico
1	B	2	S	N	N	S	S						Medición de aislamiento	2500 Hrs	Eléctrico
1	B	3	N	S	N	S	S						Regular frenos	1000 Hrs	Mecánico

Fuente: Elaboración propia

TABLA No. 4.25  
**PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN**

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DESL SISTEMA DE RECOLECCIÓN	
Cambio de chumacera	2500 Hrs
Reparación de motor	5000 Hrs
Cambio de rodamiento	2500 Hrs
Cambio de componente	2500 Hrs
Medición de aislamiento	2500 Hrs
Regular frenos	1000 Hrs

Fuente: Elaboración propia

**Sistema de rastra**

TABLA No. 4.26  
**ANÁLISIS DE MODOS DE FALLA Y EFECTO DE LA RASTRA**

Hoja de información RCM		Elemento: Recolector de mineral	Nro.	Realizado por: Pedro Gardi Prudencio	Hoja de
FUNCION		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTOS DE FALLA	
1	Dar fluidez a la recolección de mineral	A	No acciona la rastra para movimiento longitudinal	Pistón hidráulico no funciona	Parada de rastra por falla
				Rodamientos de ruedas malogrados	
				Motor de bomba de pistón malogrado	
		B	Accionamiento longitudinal lento	Pistón hidráulico descalibrado	Menor fluidez de mineral durante la recolección
				Desgaste de rodamientos de las ruedas	
		C	No acciona para movimiento angular	Bajo aislamiento de motor de bomba hidráulica	No inclina a posición para recolección
				Motor de winche dañado	
		D	Accionamiento lento de movimiento angular	Atascamiento de poleas	Atraso para iniciar recolección, disminuye productividad
				Bajo aislamiento del motor del winche	
				Cable atascado en tambor de winche	

Fuente: Elaboración propia

TABLA No. 4.27

HOJA DE DECISIÓN DEL SISTEMA DE RASTRA

HOJA DE DECISIÓN RCM			Elemento: RECOLECTOR DE MINERAL									Nro.	Realizado por: Pedro Gardi	Hoja:		
			Componente: SISTEMA DE RASTRA									Ref.		De:		
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de"				Tareas propuestas	Frecuencia inicial	A realizar por
							S1	S2	S3							
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4				
1	A	1	N	N	S	S	N	S					Reparar bomba hidráulica	5000 Hrs	Mecánico	
1	A	2	N	S	N	S	S						Cambio de rodamientos	2500 Hrs	Mecánico	
1	A	3	N	S	S	S	S						Reparar motor de bomba	5000 Hrs	Mecánico	
1	B	1	N	N	S	S	N	S					Calibrar pistón	1000 Hrs	Mecánico	
1	B	2	N	S	N	S	S						Cambio de rodamientos	2500 Hrs	Mecánico	
1	B	3	S	N	N	S	S						Medición de aislamiento	2500 Hrs	Eléctrico	
1	C	1	N	S	S	S	S						Reparar motor de winche	5000 Hrs	Mecánico	
1	C	2	N	S	N	S	S						Realizar limpieza de poleas	4000 Hrs	Mecánico	
1	D	1	S	N	N	S	S						Verificar aislamiento	2500 Hrs	Eléctrico	
1	D	2	N	S	N	S	S						Realizar limpieza	400 Hrs	Mecánico	

Fuente: Elaboración propia

TABLA No. 4.28  
PLAN DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE RASTRA

PLAN DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE RASTRA	
Reparar bomba hidráulica	5000 Hrs
Cambio de rodamientos	2500 Hrs
Reparar motor de bomba	5000 Hrs
Calibrar pistón	1000 Hrs
Cambio de rodamientos	2500 Hrs
Medición de aislamiento	2500 Hrs
Reparar motor de winche	5000 Hrs
Realizar limpieza de poleas	4000 Hrs
Verificar aislamiento	2500 Hrs
Realizar limpieza	400 Hrs

Fuente: elaboración propia

### Sistema de transporte de mineral

TABLA No. 4.29  
ANÁLISIS DE MODOS DE FALLA Y EFECTO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE

Hoja de información RCM		Elemento: Recolector de mineral		Nro.	Realizado por: Pedro Gardi Prudencio	Hoja de
		Componente: Sistema de transporte de mineral		Ref.		
FUNCION		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFFECTOS DE FALLA
1	Recibir y transportar el mineral hacia la planta de procesamiento de hierro a capacidad de 3000 Tn/h	A	Giro lento del sistema de recolección de mineral	1	Faja Rota	Parada de equipo por falla
				2	Chumacera malograda	
				3	Motor reductor dañado	
		B	Falta de giro del sistema de recolección de mineral	1	Equipo tensor de faja dañado	Menor efectividad de la producción y demora en despacho de concentrado de hierro
				2	Desgaste en la caja de transmisión	
				3	Bajo aislamiento del motor	

Fuente: Elaboración propia

TABLA No. 4.30

HOJA DE DECISIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE MINERAL

HOJA DE DECISIÓN RCM			Elemento: RECOLECTOR DE MINERAL						Nro.		Realizado por: Pedro Gardi	Hoja:				
			Componente: SISTEMA DE TRANSPORTE						Ref.			De:				
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de"				Tareas propuestas	Frecuencia inicial	A realizar por
							S1	S2	S3							
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4				
1	A	1	N	S	S	S	S						Realizar pega de faja	2500 Hrs	Mecánico	
1	A	2	N	S	N	S	S						Cambio de chumacera	2500 Hrs	Mecánico	
1	A	3	N	S	S	S							Reparar motor	5000 Hrs	Eléctrico	
1	A	4	N	S	N	S							Realizar cambio de polines	1000 Hrs	Mecánico	
1	B	1	S	S	S	S	S						Cambiar tuercas de tensor	400 Hrs	Mecánico	
1	B	2	N	S	S	S	S						Cambio rutinario de componentes	2500 Hrs	Mecánico	
1	B	3	S	N	N	S	S						Medir aislamiento	5000 Hrs	Eléctrico	

Fuente: elaboración propia

TABLA No. 4.31

PLAN DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE

PLAN DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE	
Realizar pega de faja	2500 Hrs
Cambio de chumacera	2500 Hrs
Reparar motor	5000 Hrs
Cambio de polines	1000 Hrs
Cambio de tuercas de tensor	400 Hrs
Cambio rutinario de componentes	2500 Hrs
Medir aislamiento	5000 Hrs

Fuente: elaboración propia

### Matriz de criticidad

Para iniciar con la obtención de la matriz de criticidad se toma como referencia una categoría de impactos económicos según la figura

FIGURA NO. 4.30  
CATEGORÍA DE IMPACTOS

Categoría	Daños al personal	Efecto en la población	Impacto ambiental	Pérdida de producción (USD)	Daños a la instalación (USD)
5	Muerte o incapacidad total permanente, daños severos o enfermedades en uno o más miembros de la empresa.	Muerte o incapacidad total permanente, daños severos o enfermedades en uno o más miembros de la comunidad.	Daños irreversibles al ambiente y que violen regulaciones y leyes ambientales.	Mayor de 50 MM	Mayor de 50 MM
4	Incapacidad parcial, permanente, heridas severas o enfermedades en uno o más miembros de la empresa.	Incapacidad parcial, permanente, daños o enfermedades en al menos un miembro de la población.	Daños irreversibles al ambiente pero que violan regulaciones y leyes ambientales.	De 15 a 50 MM	De 15 a 50 MM
3	Daños o enfermedades severas de varias personas de la instalación. Requiere suspensión laboral.	Puede resultar en la hospitalización de al menos 3 personas.	Daños ambientales regables sin violación de leyes y regularizaciones, la restauración puede ser acumulada.	De 5 a 15 MM	De 5 a 15 MM
2	El personal de la planta requiere tratamiento médico o primeros auxilios.	Puede resultar en heridas o enfermedades que requieran tratamiento médico o primeros auxilios.	Mínimos daños ambientales sin violación de leyes y regulaciones.	De 500 mil a 5 MM	De 500 mil a 5 MM
1	Sin impacto en el personal de la planta.	Sin efecto en la población	Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones.	Hasta 500 mil	Hasta 500 mil

Fuente: biblioteca virtual de ingeniería de la universidad de Sevilla

Para poder hallar nuestra criticidad tomaremos como referencia la siguiente matriz de la figura 4.31

FIGURA NO. 4.31  
MATRIZ DE CRITICIDAD



Fuente: biblioteca virtual de ingeniería de la universidad de Sevilla

### Factores de identificación de la matriz de criticidad

Los factores que vamos a considerar para elaborar la matriz de criticidad de los componentes críticos del recolector de mineral son:

Factor costos de reparación(S/)

. **ALTA**  $\geq 10000$

. **10000** < **MEDIA**  $\leq 4000$

. **4000** < **BAJA**

De acuerdo a esta categorización se realizará la severidad en cada sistema del recolector de mineral

TABLA No. 4.32

#### SEVERIDAD COSTO DE REPARACIÓN

SISTEMA	FACTOR: COSTO DE REPARACIÓN		
	BAJA	MEDIA	ALTA
SISTEMA DE TRASLACIÓN		1	
SISTEMA DE RECOLECCIÓN			1
SISTEMA DE RASTRA		1	
SISTEMA DE TRANSPORTE			1

Elaboración: Fuente propia

### Factor por pérdida de producción:

Nos permitirá establecer criterios para la categorización, ya que nos da un valor del coste de la parada del recolector de mineral, la manera de compararlo es por la cantidad de toneladas por hora que dejaría de producir mientras existe la falla correspondiente

TABLA No. 4.33  
ACTOR PERDIDA DE PRODUCCIÓN

SISTEMA	3000 tn/h	Tiempo medio de reparación			Perdida de disponibilidad		Perdida de producción Th/h
		baja	media	alta	si	no	
SISTEMA DE TRASLACIÓN			1			1	18
SISTEMA DE RECOLECCIÓN				1	1		125
SISTEMA DE RASTRA			1			1	18
SISTEMA DE TRANSPORTE				1	1		125

Fuente: Elaboración propia

### Ponderación y pesos

No todos los factores estudiados afectarán de igual manera a la criticidad de los sistemas del recolector de mineral

Los factores están evaluados de acuerdo a unas escalas para poder estudiarlos de mejor manera, por lo que se debe dar una proporción y peso a estas escalas.

Por lo que:

Factores de costo de reparación =10

Factor de perdida de producción= 15

Y los pesos representados en la tabla 4.33.

TABLA No. 4.34  
PESOS DE LOS FACTORES DE CRITICIDAD

FACTORES		PESOS
COSTO DE REPARACIÓN	BAJA	0,2
	MEDIA	0,5
	ALTA	1

Fuente: elaboración propia

Una vez de haberles dado un valor a los pesos se plasma en la figura 4.34 de acuerdo a los criterios antes mencionados

TABLA No. 4.35  
SEVERIDAD DE PERDIDA DEL RECOLECTOR DE MINERAL

SISTEMA	FACTORES	Costo de reparación			Perdida de producción
		baja	media	alta	Th/h
SISTEMA DE TRASLACIÓN			1		18
SISTEMA DE RECOLECCIÓN				1	125
SISTEMA DE RASTRA			1		18
SISTEMA DE TRANSPORTE				1	125

Fuente: Elaboración propia

#### Resultado

Una vez habiendo obtenido los datos de criticidad de nuestra línea de producción se obtiene la matriz de criticidad de acuerdo a la tabla 4.35

TABLA No. 4.36  
CRITICIDAD DEL RECOLECTOR DE MINERAL

SEVERIDAD DE LOS SISTEMA		Severidad	Frecuencia	Criticidad	Criticidad
3	SISTEMA DE TRASLACIÓN	18	1	18	Media
1	SISTEMA DE RECOLECCIÓN	25	1	25	Alta
4	SISTEMA DE RASTRA	18	1	18	Media
2	SISTEMA DE TRANSPORTE	25	1	25	Alta

Fuente: elaboración propia

#### 4.2 Población y muestra

Solo se tomó un objeto de estudio en un determinado espacio, por eso podemos decir que la muestra es igual a la población de trabajo

### 4.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

A continuación, se muestran los instrumentos de recolección de datos de acuerdo a la tabla 4.3.1.

TABLA No. 4.37  
TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DIMENSION	INDICADOR	INSTRUMENTOS
Verificaciones en las tres etapas del comisionamiento	Procedimientos y formatos para el comisionamiento	Manuales, fichas técnicas, normativas de seguridad y medio ambiente
Matriz de criticidad	Hoja de decisión de los sistemas que conforman el recolector de mineral	Información de los modos de falla
Plan para evaluación de disponibilidad del recolector de mineral	Tablas de modo de falla y efecto de todos los sistemas que conforman el recolector de mineral	Información de las actividades de verificación del comisionamiento

Fuente: Elaboración propia

### 4.4 Técnicas e instrumentos para la recolección de información de campo

Al utilizarse la técnica de análisis documental, así como la técnica de observación de campo no experimental se puede indicar que las técnicas e instrumentos para la recolección de información de campo no aplican.

#### **4.5 Análisis y procesamiento de datos**

Para el análisis y procesamientos de datos se utilizaron las siguientes técnicas:

##### **Análisis documental**

El uso de esta técnica permite obtener datos de los manuales de los componentes del recolector de mineral, de los planos, etc.

##### **Observación de campo no experimental**

El uso de esta técnica permite profundizar el conocimiento del comportamiento durante las pruebas funcionales del recolector de mineral.

En la lista de anexos se puede apreciar la información técnica correspondiente al recolector de mineral, de igual manera se pueden visualizar las fotografías tomadas durante el comisionamiento.

## **RESULTADOS**

Se desarrolló el plan de comisionamiento el cual ayudó a identificar las posibles fallas funcionales que ocurran durante el comisionamiento después del montaje y antes de la primera prueba en vacío, durante las pruebas en vacío y durante las pruebas con carga; los cuales sirven para poder evaluar los modos de falla y efectos.

Se desarrolló una evaluación de disponibilidad, el cual ayudará a implementar un plan de mantenimiento preventivo que permitirá enfocarnos en las mejoras del área de mantenimiento, así como en la comunicación efectiva con las demás áreas involucradas.

Se pudo determinar la matriz de criticidad de componentes del recolector de mineral la cual reducirá los tiempos de recurrencia de fallas durante la operación del recolector de mineral.

## DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 6.1 Contratación de la hipótesis

Teniendo en cuenta que la disponibilidad del recolector de mineral durante las pruebas de comisionamiento será de  $n=85\%$ ; así mismo luego de la aplicación del mantenimiento preventivo usando el RCM se espera una disponibilidad de  $n=90\%$ ; y además teniendo la hipótesis alterna (Hipótesis del investigador):

H1: Las pruebas de comisionamiento aplicado al recolector de mineral influyen significativamente en la implementación del plan de mantenimiento preventivo para garantizar el suministro de hierro a la planta de procesos Marcona - Ica.

De igual manera teniendo como hipótesis nula:

H0: Las pruebas de comisionamiento aplicado al recolector de mineral no influye significativamente en la implementación del plan de mantenimiento preventivo para garantizar el suministro de hierro a la planta de procesos Marcona - Ica.

Y considerando que el criterio de significación más típico es (0.05 o 5%):

- Si el pvalor es mayor que 0.05, no puede rechazarse la hipótesis nula
- Si el pvalor es menor que 0.05, se rechaza la hipótesis nula y se toma la hipótesis de investigación

Por lo tanto, se deduce que la probabilidad de equivocarse de que las pruebas de comisionamiento aplicado al recolector de mineral influyen significativamente en la implementación del plan de mantenimiento preventivo es baja.

## **6.2 Contratación de los resultados con estudios similares**

Según Aucancela J. y Saquiculla H. (2013), en su tesis profesional titulada “Metodología de procedimientos para precomisionado, comisionado, puesta en marcha, operación y mantenimiento mecánico, eléctrico y electrónico de la central hidroeléctrica alazán”, indican que los procesos de comisionamiento no solo deben estar involucradas con las pruebas y/o ensayos de funcionamiento de los equipos; va más allá de todo eso ya que con los respectivos procedimientos los futuros operadores de la central alazán van recopilando la información técnica necesaria desde la etapa de montaje hasta la operación comercial con el fin de elaborar los manuales de operación y mantenimiento que reducirá las paradas y fallas posibles de los equipos, que se traducirá en ahorro y eficiencia de recursos de CELEP EP Hidro Azogues. Los protocolos para el registro de pruebas permiten poseer un historial de todos los equipos siendo fundamental para el control del cumplimiento de los requisitos técnicos y funcionales establecidos.

La presente tesis afirma que el comisionamiento influye significativamente en la implementación del plan de mantenimiento, ya que en las etapas de pruebas se van identificando fallas funcionales; las mismas que sirven para ser usadas durante el análisis de fallas y efectos y en consecuencia se llega a determinar la criticidad de componentes del recolector de mineral.

## **6.3 Responsabilidad ética**

Durante el desarrollo de la presente se ha seguido el protocolo del ciclo de tesis, respetando todos los lineamientos establecidos.

La presente tesis ha sido elaborada usando información verdadera correspondiente al recolector de mineral.

Los procedimientos elaborados en la presente tesis cumplen con lo establecido en el decreto supremo D.S 005-2012-TR, reglamento de la ley de seguridad y salud en el trabajo correspondiente a la ley N° 29783, ley de seguridad y salud en el trabajo. De igual manera cumple con lo establecido en el decreto supremo N° 008-2005-PCM, reglamento de la ley N° 28245, ley marco del sistema nacional de gestión ambiental.

## CONCLUSIONES

1. Las pruebas de comisionamiento aplicado al recolector de mineral influye significativamente en la implementación del plan de mantenimiento preventivo ya que con la información obtenida durante las pruebas de comisionamiento se puede elaborar el plan de mantenimiento preventivo; con los cuales se pone en funcionamiento y se garantiza la disponibilidad de un recolector de mineral.
2. Al identificar las actividades de verificación en las 3 etapas del comisionamiento se puede garantizar la elaboración de procedimientos y formatos los cuales son aplicables al plan de mantenimiento preventivo.
3. Al tener un procedimiento para la evaluación de disponibilidad del recolector de mineral nos permite tener una mejor comunicación entre el área de mantenimiento y las demás áreas involucradas.
4. La elaboración de una matriz de criticidad de los componentes que son parte del recolector de mineral se puede reducir los tiempos de recurrencia de fallas.

## **RECOMENDACIONES**

1. En todo tipo de proyecto minero se debe realizar siempre las pruebas de comisionamiento, ya que estas ayudarán a la elaboración del plan de mantenimiento preventivo.
2. Los planes de comisionamiento también pueden ser aplicados a todo tipo de industria ya que estos ayudan a poner en funcionamiento a sus equipos.
3. La elaboración de la lista de actividades para las tres etapas de comisionamiento debe ser realizada revisando toda la información técnica tales como planos, manuales.
4. Se debe realizar un seguimiento al área de mantenimiento para hacer una evaluación continua de los equipos y así poder mejorar y actualizar el plan de mantenimiento preventivo.

## BIBLIOGRAFIA

Aucancela, J., & Saquicuya, H. *Metodología de procedimientos para precomisionado, comisionado, puesta en marcha, operación y mantenimiento mecánico, eléctrico y electrónico de la Central hidroeléctrica Alazán*. Cuenca, 2013

Sotomayor, M. *Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo como estrategia de optimización del desempeño de la empresa tecnológica de alimentos S.A*. Arequipa, 2016

Guzmán, M. *Proyecto de comisionamiento y mejora continua en laboratorios FARMA S.A*. Sartenejas, 2013

Martínez, A. *Plan de mantenimiento preventivo y su aplicación a la planta de sulfatos de la empresa ferrosalt S.A*. Lima, 2017

Chávez, F. *Diseño de procedimientos para comisionamiento de equipos rotativos del proyecto immaculada – compañía minera ares*. Huancayo, 2016

Norsok Estándar. *Mechanical completion and commissioning*, 1996

Beytia, J. *Manual de comisionado y puesta en marcha de Proyectos*, 2012

John Moubray. *Mantenimiento Centrado en la Contabilidad*, 1997

Normas SAE JA 1011. *Criterios de Evaluación para procesos de mantenimiento centrado en confiabilidad*, 1998

Normas SAE JA 1012. *Una guía para la norma de mantenimiento centrado en confiabilidad*, 2002

ISO 9001. *Sistema de gestión de calidad*, 2015

## **ANEXOS**

- Matriz de consistencia
- Información técnica del recolector de mineral
- Plan de comisionamiento del recolector de mineral
- Panel fotográfico.

**PLAN DE COMISIONAMIENTO Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE UN RECOLECTOR DE MINERAL DE 3000 Tn/h PARA SUMINISTRO DE HIERRO A UNA PLANTA DE PROCESOS. MARCONA - ICA**

**Autor: Pedro Gardi** **MATRIZ DE CONCISTENCIA**

<b>PROBLEMA</b>	<b>OBJETIVO</b>	<b>HIPÓTESIS</b>	<b>VARIABLES</b>	<b>METODOLOGÍA</b>	<b>POBLACIÓN</b>
<p><b>Problema general:</b></p> <p>De qué manera un plan de comisionamiento influye en la implementación del plan de mantenimiento preventivo para garantizar la operatividad de un recolector de mineral en la planta de procesos Marcona – Ica.</p> <p><b>Problemas específicos:</b></p> <p><b>PE1:</b> ¿De qué manera el plan de comisionamiento influye en el desarrollo de las pruebas de comisionado?</p> <p><b>PE2:</b> ¿De qué manera influye el plan de mantenimiento en la elaboración de una matriz de criticidad?</p> <p><b>PE3:</b> ¿se desconoce de un procedimiento para evaluar la disponibilidad del recolector de mineral?</p>	<p><b>Objetivo general:</b></p> <p>Implementar el plan de mantenimiento preventivo basado al plan de comisionamiento para poner en funcionamiento y garantizar la disponibilidad de un recolector de mineral de 3000 tn/h para el suministro de hierro a una planta de procesos</p> <p><b>Objetivos específicos:</b></p> <p><b>OE1:</b> Identificar las actividades de verificación y fallas durante las tres etapas de comisionamiento.</p> <p><b>OE2:</b> Elaborar una matriz de criticidad donde se pueda determinar los componentes críticos del recolector de mineral.</p> <p><b>OE3:</b> Proponer un plan para evaluar la disponibilidad del recolector de mineral</p>	<p><b>Hipótesis general:</b></p> <p>Las pruebas de comisionamiento aplicado al recolector de mineral influye significativamente en la implementación del plan de mantenimiento preventivo para garantizar el suministro de hierro a la planta de procesos Marcona – Ica.</p> <p><b>Hipótesis específicas:</b></p> <p><b>HE1:</b> La determinación de las pruebas de comisionamiento garantizan la elaboración efectiva de los procedimientos y formatos que serán aplicables al plan de mantenimiento preventivo.</p> <p><b>HE2:</b> mediante una matriz de criticidad la evaluación de los componentes del recolector de mineral reducirá los tiempos de recurrencia de fallas.</p> <p><b>HE3:</b> Mediante un plan de evaluación de disponibilidad del recolector de mineral permitirá enfocarnos en las mejoras del área de mantenimiento y llevar una comunicación efectiva con las demás áreas involucradas</p>	<p><b>Variable independiente:</b></p> <p>Plan de comisionamiento y mantenimiento preventivo</p> <p><b>Variable dependiente</b></p> <p>Suministro de hierro</p>	<p><b>Nivel de la investigación:</b></p> <p>De acuerdo a (Espinoza, 2014), la presente investigación es del tipo aplicada debido a que se elaboró un plan y formato de verificación a un problema concreto para realizar los respectivos controles en cada etapa del comisionamiento y mantenimiento preventivo.</p> <p><b>Diseño de la investigación:</b></p> <p>Diseño pre - experimental, ya que de acuerdo a (Espinoza, 2014), "Son diseños que no pueden controlar los factores que influyen contra la validez interna y externa".</p>	<p>Solo se tomó un objeto de estudio el cual es el recolector de mineral en un determinado espacio, por eso podemos decir que la muestra es igual a la población de trabajo.</p>





## 3.1 OPERATING CONDITIONS

### 3.1.1 Site

The drum reclaimer is used on a stockyard at the SHOUGANG HIERRO PERU - SAN NICOLAS MINE - PRIMARY ORE BLENDING BED / PERU for reclaiming of lump iron ore.

### 3.1.2 Climatic & environmental conditions

#### 3.1.2.1 Temperatures

Minimum	:	+ 8°C
Maximum	:	+ 40°C

#### 3.1.2.2 Altitude

Elevation of the ground ASL	:	30 m
-----------------------------	---	------

#### 3.1.2.3 Humidity

Maximum - relative	:	85 %
--------------------	---	------

#### 3.1.2.4 Wind

In operation	:	up to 20 m/s
Travelling in out-of-operation positions	:	up to 22 m/s
Out of operation	:	>22 m/s

#### 3.1.2.5 Precipitation / Rainfall

Annual average	:	10.8 mm
----------------	---	---------

#### 3.1.2.6 Seismic data

According to Peruvian National Code E 030	:	Zone 3
--	---	--------

### 3.1.3 Material data

Material	Density ( $\gamma$ ) t/m <sup>3</sup>	Grain size (mm)	Moisture- content	Angle of- repose
Lump iron ore crushed	2.5	0 - 40	3 - 9 %	36 °

### 3.1.4 Design / Operation

The design of the drum reclaimer is based on the German federal regulations valid at the time of construction, such as DIN, VDI, VDE, ISO, FEM, as well as on the international IEC standards applicable to electrical equipment. In particular, attention should be paid to the ISO 5049 regulations.

- ISO 5049 / 1 Mobile continuous handling equipment, part 1
  - Guidelines for the design of steel structures
- ISO 5049 / 2 Mobile continuous handling equipment, part 2
  - Guidelines for the design of mechanical components

In compliance with the above standard, it is possible to operate the drum reclaimer up to a maximum wind speed of 20 m/s.

If the drum reclaimer is out of operation, a maximum wind speed of 36 m/s is admissible. The brakes are able to hold the machine safely at a wind speed of 36 m/s, therefore no special storm locking position at the stockyard is necessary.

#### Main technical data

##### **Handling capacities**

Average capacity (mass flow)	:	3000 t/h
Design capacity (max. mass flow)	:	3400 t/h
Average volume flow	:	1200 m <sup>3</sup> /h
Design volume flow (maximum)	:	1360 m <sup>3</sup> /h

##### **Main dimensions**

Width (transverse to rail)	:	51 m
Length (both rakes at 37° angle)	:	37 m
Height	:	15 m

##### **Weights**

Dead weight	:	approx. 505 t
Weight in operation	:	approx. 540 t

**Long travel gear**

Mechanism arrangement	:	fixed/pendulum leg
Rail gauge	:	41.0 m
Type of rail	:	A100
Maximum travel length (buffer-buffer)	:	1053.3 m (plus buffer compression travel)
Operational travel length	:	1049.3 m
Runner wheel diameter	:	630 mm
Maximum wheel load - in operation	:	350 kN
Travel speed - relocation		
- <i>minimum</i>	:	4 m/min.
- <i>maximum</i>	:	15 m/min.
Travel speed - reclaiming		
- <i>minimum</i>	:	0.028 m/min.
- <i>maximum</i>	:	0.115 m/min.

**Reclaiming units**

Drum diameter	:	4.2 m
Cutting circle diameter	:	6.2 m
Number of drum buckets	:	66
Drum rotational speed	:	4 rpm (adjustable from 3.0 to 4.5 rpm)
Number of drum drives	:	2
Number of rakes	:	2
Rake speed	:	max. 24 m/min.

**Cross conveyor**

Belt width	:	1500 mm
Belt speed	:	3.4 m/s (adjustable from 2.5 to 4.0 m/s)

Logo de la empresa	<b>Nombre del proyecto</b>	<b>Codificación del plan</b>	
	<b>Numero de contrato</b>	<b>Fecha</b>	
<b>PLAN DE PRECOMISIONAMIENTO, COMISIONAMIENTO Y PUESTA EN MARCHA – RECOLECTOR DE MINERAL</b>		<b>Revisión</b>	<b>Pág. 1/25</b>

**PLAN DE PRECOMISIONAMIENTO,  
COMISIONAMIENTO Y PUESTA EN MARCHA  
DEL RECOLECTOR DE MINERAL**

Logo de la empresa	<b>Nombre del proyecto</b>	<b>Codificación del plan</b>
	<b>Numero de contrato</b>	<b>Fecha</b>
<b>PLAN DE PRECOMISIONAMIENTO, COMISIONAMIENTO Y PUESTA EN MARCHA – RECOLECTOR DE MINERAL</b>		Revisión Pág. 2/25

## INDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	4
2. OBJETIVO .....	4
3.ALCANCE.....	4
4. FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES.....	6
4.1. Lider de Pre Operaciones.....	6
4.2. Supervisor mecánico.....	7
4.3 Supervisor Eléctrico.....	8
4.4. Supervisor Instrumentación .....	8
5. EQUIPOS HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS.....	9
6. SECUENCIA DE ACTIVIDADES .....	10
6.1. Procedimiento del Pre-Comisionado.....	10
6.2. Procedimiento durante el Comisionado.....	11
6.3. Procedimiento durante la Puesta en Marcha .....	12
6.4 Coordinaciones del Precomisionado, Comisionado y Puesta en Marcha.....	12
7. SISTEMAS Y SUBSISTEMAS.....	12
8. ORGANIGRAMA DE COMISIONAMIENTO (PRE OPERACIONES) ..	14
9. CONDICIONES PARA TRANSFERIR EL RECOLECTOR DE MINERAL.....	14
10.REGISTROS.....	15
11.INSPECCIONES DE PRECOMISIONAMIENTO Y COMISIONAMIENTO .....	6
11.1Inspección Mecánica.....	16
11.2Inspección de Cables de Fuerza.....	17
11.3Inspección de Cables de Control .....	17
11.4.aterías y Cargadores.....	18

Logo de la empresa	<b>Nombre del proyecto</b>	<b>Codificación del plan</b>	
	<b>Numero de contrato</b>	<b>Fecha</b>	
<b>PLAN DE PRECOMISIONAMIENTO, COMISIONAMIENTO Y PUESTA EN MARCHA – RECOLECTOR DE MINERAL</b>		<b>Revisión</b>	<b>Pág. 3/25</b>

11.5. Conexión a Tierra. ....	18
11.6 Alumbrado. ....	19
11.7 Equipos de Control. ....	19
11.8 Inspecciones de Instrumentación. ....	20
12. PRUEBAS DE PRECOMISIONAMIENTO Y COMISIONAMIENTO. ....	20
13. SEGURIDAD, SALUD OCUPACIONAL Y MEDIO AMBIENTE .....	21
13.1 En caso de emergencia. ....	22
13.2 En caso de Accidentes / Incidentes. ....	23
13.3 Consideraciones para los trabajos nocturnos. ....	23

Logo de la empresa	<b>Nombre del proyecto</b>	<b>Codificación del plan</b>
	<b>Numero de contrato</b>	<b>Fecha</b>
<b>PLAN DE PRECOMISIONAMIENTO, COMISIONAMIENTO Y PUESTA EN MARCHA – RECOLECTOR DE MINERAL</b>		Revisión Pág. 4/25

## 1. INTRODUCCIÓN

En este documento se detallan los procedimientos, protocolos, instrumentos, equipos y requerimientos para las actividades asociadas con las pruebas de comisionado, del recolector de mineral.

Se efectuarán las acciones previas para garantizar que su ejecución tenga los parámetros correctos de ingeniería, calidad, seguridad, distribución de tareas y entre otros.

## 2. OBJETIVO

Se establecerá los recursos, secuencia y procedimientos a seguir para realizar secuencialmente las actividades relacionadas al comisionado y/o puesta en marcha, que comprende la verificación y protocolización de los equipos montados, las pruebas en vacío y con carga de los equipos, de los sistemas. Se transferirá toda la información y documentación mediante un acta de entrega a los usuarios finales.

## 3. ALCANCE

Se realizará trabajos de comisionamiento y/o puesta en marcha en del recolector de mineral. Al pasar de una etapa a otra, se deberá firmar un acta de entrega o traspase. El área de comisionamiento recepcionará de la etapa de construcción todos los componentes que estén del recolector de mineral y protocolizará la inspección visual sin energía dando la conformidad de los equipos pertenecientes a los sistemas. El comisionamiento recepcionará los equipos que están dentro del alcance del recolector de mineral y protocolizará las pruebas con energía en vacío y con carga. La puesta en marcha recepcionará todos los componentes que están dentro del paquete 06 para su operatividad total. El área de comisionado, programará dos caminatas. La primera será en la etapa de antes de la prueba de vacío, observando todo el recolector

Logo de la empresa	<b>Nombre del proyecto</b>	<b>Codificación del plan</b>
	<b>Numero de contrato</b>	<b>Fecha</b>
<b>PLAN DE PRECOMISIONAMIENTO, COMISIONAMIENTO Y PUESTA EN MARCHA – RECOLECTOR DE MINERAL</b>		Revisión Pág. 5/25

de mineral que será entregado por la etapa de construcción. La segunda caminata será durante el comisionamiento para entregar todo del recolector de mineral.

Se elaborará la carpeta TOP (Turn Over Package). La carpeta en la etapa de comisionamiento donde se presentará los protocolos de prueba de los equipos con energía.

Durante las inspecciones visuales de comisionado, se contará con la presencia de un supervisor de seguridad.

Pruebas en vacío: esta etapa comprende la inspección y verificación documentada y sin energía del montaje de los equipos, subsistemas y sistemas, de las disciplinas mecánica, eléctrica e instrumentación.

1. Asegurar que el término de construcción se concluyó teniendo en cuenta los estándares y requisitos establecidos en base a protocolos de calidad, tales como, nivelación, alineamiento y lubricación de equipos mecánicos.
2. Programar la primera caminata de traspaso del término de construcción a la etapa de precomisionado.
3. Verificar el correcto conexionado y montaje de todos los equipos, instrumentos, tableros de control y tableros de distribución eléctrica de acuerdo a las especificaciones técnicas establecidas en el proyecto.
4. Realizar la inspección visual protocolizada durante el precomisionado de los equipos mecánicos, eléctricos e instrumentación de los subsistemas y sistemas para su traspaso a la etapa de comisionado.
5. Controlar que se hayan levantado progresivamente las observaciones del punch list en la etapa de la construcción.
6. Se elaborará un procedimiento de punch list para el inicio y final del comisionamiento. Este procedimiento categorizará las observaciones durante las dos caminatas.

Logo de la empresa	Nombre del proyecto	Codificación del plan
	Numero de contrato	Fecha
PLAN DE PRECOMISIONAMIENTO, COMISIONAMIENTO Y PUESTA EN MARCHA – RECOLECTOR DE MINERAL		Revisión Pág. 6/25

7. Se elaborará el índice de las carpetas TOP
8. Elaborar las carpetas TOP de comisionamiento con la documentación que corresponda de acuerdo al índice establecido. La documentación consistirá en punch list de comisionado levantados, certificado de calibración vigente de instrumentos de medida, protocolos de calidad QA/QC, certificados de calidad del fabricante, protocolos de inspección visual, entre otros.
9. Planificar progresivamente la secuencia de pruebas de comisionamiento.

**Comisionamiento:** consiste en energizar los equipos, mecánico, eléctrico e instrumentación de los sistemas con el objetivo de inspeccionar la correcta operatividad durante las pruebas en vacío y/o con carga.

1. Programar la segunda caminata durante el comisionamiento
2. Realizar las pruebas energizadas y protocolizadas de comisionamiento de los equipos mecánicos, eléctricos e instrumentación de los sistemas del recolector de mineral para su traspaso a la etapa de puesta en marcha.
3. Elaborar las carpetas TOP de comisionamiento con la documentación que corresponda de acuerdo al índice establecido. La documentación consistirá en procedimientos PETS y protocolos de pruebas en vacío y con carga.
4. Las pruebas energizadas de comisionamiento podrán realizarse solo con las observaciones cerradas del punch list de categoría “A”, que no restringe el funcionamiento del equipo o sistema en general y no hay observaciones de seguridad.

Logo de la empresa	<b>Nombre del proyecto</b>	<b>Codificación del plan</b>
	<b>Numero de contrato</b>	<b>Fecha</b>
<b>PLAN DE PRECOMISIONAMIENTO, COMISIONAMIENTO Y PUESTA EN MARCHA – RECOLECTOR DE MINERAL</b>		Revisión Pág. 7/25

**Pruebas con carga:** Es la etapa de arrancar por primera vez el paquete completo donde los sistemas interactuarán simultáneamente y se realizan los ajustes finales para entregarlo al cliente.

#### **4. FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES**

El personal que forma parte del equipo de comisionamiento, tiene a su cargo las siguientes funciones:

##### **4.1. Líder de Comisionamiento (Líder Pre Operaciones)**

- Liderar la coordinación, planificación y ejecución de las inspecciones y pruebas en vacío y con carga de los equipos, subsistemas y sistemas, mecánico, eléctrico e instrumentación, para la entrega del recolector de mineral.
- Coordina las labores requeridas para la elaboración de las carpetas TOP de acuerdo al índice establecido y su entrega a operaciones.
- Definir los sistemas con los ingenieros especialistas del equipo de pre operaciones.
- Coordinar con el cliente, los permisos respectivos para las pruebas que involucren a las instalaciones existentes.
- Coordinar con el cliente la presencia del vendor para las pruebas de comisionamiento y puesta en marcha de los equipos
- Realizar informes semanales reportando al Ingeniero Residente, Gerencia del Proyecto.
- Controlar los estatus de calibración de instrumentos, certificados, protocolos, PETS y toda documentación requerida para el comisionado.

Logo de la empresa	<b>Nombre del proyecto</b>	<b>Codificación del plan</b>
	<b>Numero de contrato</b>	<b>Fecha</b>
<b>PLAN DE PRECOMISIONAMIENTO, COMISIONAMIENTO Y PUESTA EN MARCHA – RECOLECTOR DE MINERAL</b>		Revisión Pág. 8/25

- Asiste a los supervisores de campo en la coordinación con los representantes del cliente en las inspecciones de comisionamiento y puesta en marcha.
- Conocimiento en ISO 9001, ISO 14000 y OHSAS 18000

#### **4.2. Supervisor Mecánico**

Reporta al líder del equipo de pre operaciones. Tiene por responsabilidad la coordinación directa de las inspecciones visuales y pruebas energizadas en vacío y con carga de cada uno de los equipos mecánico-eléctricos, subsistemas y sistemas a entregar.

Sus funciones son las siguientes:

- Verificar la operatividad, calibración y certificación de los instrumentos de medición mecánicos utilizados en las pruebas.
- Desarrollar los PETS necesarios para cada equipo mecánico-eléctrico, subsistema y/o sistema.
- Definir los sistemas, y componentes a inspeccionarse y probarse con sus respectivos protocolos toda la documentación debidamente firmada.
- Revisar los planos red line mecánicos entregados por construcción y contrastarlos en campo.
- Participar en el levantamiento y cierre de los pendientes (Punch List) de cada sistema.
- Verificar que los reportes de no conformidad (RNC), Cambios de Diseño y Preguntas Técnicas estén cerrados de la disciplina Mecánica.
- Capacitar diariamente a su personal en temas de seguridad, salud ocupacional y medio ambiente en la etapa de pre operaciones y asegurar todas las medidas de seguridad de su personal a cargo

Logo de la empresa	<b>Nombre del proyecto</b>	<b>Codificación del plan</b>
	<b>Numero de contrato</b>	<b>Fecha</b>
<b>PLAN DE PRECOMISIONAMIENTO, COMISIONAMIENTO Y PUESTA EN MARCHA – RECOLECTOR DE MINERAL</b>		Revisión Pág. 9/25

e implementar los controles para eliminar o sustituir los peligros que genere riesgos y/o pérdida.

- Difundir a su personal con la anticipación debida el contenido de los PETS y documentar la asistencia.

#### **4.3. Supervisor Eléctrico**

Reporta al líder del equipo de pre operaciones. Tiene por responsabilidad la coordinación directa de las inspecciones visuales y pruebas energizadas en vacío y con carga de cada

uno de los equipos eléctricos, tableros, gabinetes, salas eléctricas y sub estaciones de los sistemas y subsistemas a entregar.

Entre sus funciones se destacan las siguientes:

- Verificar la operatividad, calibración y certificación de los instrumentos de medición eléctricos utilizados en las pruebas.
- Desarrollar los PETS de su especialidad para cada sistema, sub sistema y/o componente.
- Responsable en la definición de los sistemas y subsistemas.
- Responsable en la elaboración de registros y/o procedimientos concernientes a las pruebas de su especialidad.
- Revisar los planos red line eléctricos entregados por construcción y contrastarlos en campo.
- Inspeccionar diariamente el levantamiento y cierre de los pendientes (Punch List) de cada sistema.
- Verificar que los reportes de no conformidad (NCR), Cambios de Diseño y Preguntas Técnicas estén cerrados de la disciplina Electricidad.
- Capacitar diariamente a su personal en temas de seguridad, salud ocupacional y medio ambiente en la etapa de pre operaciones y

Logo de la empresa	<b>Nombre del proyecto</b>	<b>Codificación del plan</b>
	<b>Numero de contrato</b>	<b>Fecha</b>
<b>PLAN DE PRECOMISIONAMIENTO, COMISIONAMIENTO Y PUESTA EN MARCHA – RECOLECTOR DE MINERAL</b>		Revisión Pág. 10/25

asegurar todas las medidas de seguridad de su personal a cargo y realizar todos los controles para eliminar y/o sustituir los peligros.

- Difundir a su personal con la anticipación debida el contenido de los PETS y documentar la asistencia.

#### **4.4. Supervisor Instrumentación**

Reporta al líder del equipo de pre operaciones. Tiene por responsabilidad la coordinación directa de las inspecciones visuales y pruebas energizadas en vacío y con carga de los equipos, instrumentos, lazos de control y comunicaciones, de los subsistemas y sistemas a entregar.

Entre sus funciones se destacan las siguientes:

- Verificar que los instrumentos de medición utilizados en las pruebas estén calibrados con certificación de fecha vigente.
- Validar el contraste o calibración de los instrumentos instalados en cada sistema.
- Desarrollar los PETS de su especialidad para cada sistema, sub sistema y/o componente.
- Responsable en la definición de los sistemas y subsistemas.
- Documentar las pruebas de lazos, funcionamiento y comunicaciones una vez sean ejecutadas y aprobadas las pruebas.
- Revisar los planos red line de instrumentación entregados por construcción y contrastarlos en campo.
- Inspeccionar diariamente el levantamiento y cierre de los pendientes (Punch List) de cada sistema.

Logo de la empresa	<b>Nombre del proyecto</b>	<b>Codificación del plan</b>
	<b>Numero de contrato</b>	<b>Fecha</b>
<b>PLAN DE PRECOMISIONAMIENTO, COMISIONAMIENTO Y PUESTA EN MARCHA – RECOLECTOR DE MINERAL</b>		Revisión Pág. 11/25

- Verificar que los reportes de no conformidad (RNC), cambios de diseño y preguntas técnicas estén cerrados de la disciplina de instrumentación.
- Capacitar diariamente a su personal en temas de seguridad, salud ocupacional y medio ambiente en la etapa de pre operaciones y asegurar todas las medidas de seguridad de su personal a cargo y realizar todos los controles para eliminar o sustituir los riesgos eléctricos
- Difundir a su personal con la anticipación debida el contenido de los PETS.

## **5. EQUIPOS HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS**

Para la inspección visual, verificación y pruebas en vacío y con carga de los equipos, subsistemas y sistemas que conforman la planta, se utilizarán los siguientes instrumentos y equipos de prueba con su certificado de calibración vigente.

- Equipo multifuncional marca Omicron modelo CPC 100
- Megometro digital
- Multímetro digital
- Pinza amperimétrica
- Fasímetro
- Analizador de vibraciones
- Anemómetro
- Termómetro digital infrarrojo
- Tacómetro digital
- Alineador laser
- Higrómetro
- Luxómetro

Logo de la empresa	Nombre del proyecto	Codificación del plan
	Numero de contrato	Fecha
PLAN DE PRECOMISIONAMIENTO, COMISIONAMIENTO Y PUESTA EN MARCHA – RECOLECTOR DE MINERAL		Revisión Pág. 12/25

- Revelador de tensión
- Telurómetro
- Torquímetros
- Calibrador de procesos
- Equipos de Radio comunicación
- Recursos para LockOut & TagOut
- Equipo de Topografía

## 6. SECUENCIA DE ACTIVIDADES:

Las actividades de Pre Operaciones, presenta la secuencia de precomisionado, comisionado y puesta en marcha del paquete 06.

### 6.1. Procedimiento de comisionado antes de la prueba en vacío

- Verifica que los protocolos de calidad de construcción estén concluidos y aprobados por el cliente.
- Verifica que el fabricante entregue los Certificados de Calidad de los equipos proporcionados.
- Revisar e incluir los manuales y hojas de datos de cada equipo.
- Revisión de RNC cerrados que afecten las pruebas energizadas de comisionamiento y puesta en marcha.
- Revisión de los planos red line y contrastados en campo.
- Se coordinará y realizará la primera caminata de entrega del paquete 06 de construcción a pre operaciones y se elaborará en campo el punch list con las observaciones a ser levantadas por construcción en un tiempo que se establecerá en el procedimiento de punch list.
- Elaboración de procedimientos escritos de trabajo seguro y su difusión documentada en el personal.
- Elaboración de formatos y registros aprobados para, comisionamiento y/o puesta en marcha.

Logo de la empresa	<b>Nombre del proyecto</b>	<b>Codificación del plan</b>
	<b>Numero de contrato</b>	<b>Fecha</b>
<b>PLAN DE PRECOMISIONAMIENTO, COMISIONAMIENTO Y PUESTA EN MARCHA – RECOLECTOR DE MINERAL</b>		Revisión Pág. 13/25

- Establecer la coordinación y/o procedimiento documentado para los permisos, procedimientos o autorización de ingreso a la sub estación, sala eléctrica o equipos energizados durante su energización.
- Coordinar los procedimientos de bloqueo.
- Se realizará chequeos visuales sistemáticos de conformidad en cada componente, equipo, sub sistema y/o sistema, tales como, alineamiento, nivelación, lubricación, nivel de llenado, manómetros, etc., y se contrastará con los planos, manuales y especificaciones del proyecto.
- Se realizará pruebas estáticas de los equipos des energizados para asegurar la calidad de los componentes de cada subsistema y sistema. Estas pruebas en frío aplican para todas las disciplinas, tales como, contrastes de instrumentos, continuidad y resistencia de cables.
- Armado de la carpeta TOP de comisionamiento.

## **6.2. Procedimientos durante las pruebas en vacío**

- Presentación del TOP de comisionamiento de los sistemas liberados para la etapa de Comisionamiento.
- Coordinación con las partes interesadas para inicio del Comisionamiento según los Subsistemas Liberados.
- Levantamiento de observaciones de punch list que no restrinjan las pruebas con energía de los sistemas, subsistemas y/o componentes del paquete 06.
- Difusión de los PETS (Procedimiento Escrito de Trabajo Seguro) previo a las pruebas con energía.

Logo de la empresa	<b>Nombre del proyecto</b>	<b>Codificación del plan</b>
	<b>Numero de contrato</b>	<b>Fecha</b>
<b>PLAN DE PRECOMISIONAMIENTO, COMISIONAMIENTO Y PUESTA EN MARCHA – RECOLECTOR DE MINERAL</b>		Revisión Pág. 14/25

- Coordinación para realizar la liberación de bloqueo y etiquetado con la empresa contratista responsable de la custodia de las salas eléctricas.
- Se realizarán las pruebas con energía a todos los componentes que estén dentro del alcance del paquete 06.
- Armado de la carpeta TOP de comisionamiento

### **6.3 Procedimiento durante las pruebas con carga**

- Presentación de la carpeta TOP de Comisionamiento para su revisión y aceptación.
- Coordinación con el cliente para inicio de la etapa de Puesta en Marcha
- Inicio de la puesta en marcha del paquete completo donde los sistemas interactuarán simultáneamente y se realizan los ajustes finales para entregarlo al cliente.
- Se podrán culminar con el levantamiento de observaciones del punch list de comisionamiento que no restrinja las pruebas.
- Se realizará la caminata de entrega del recolector de mineral.

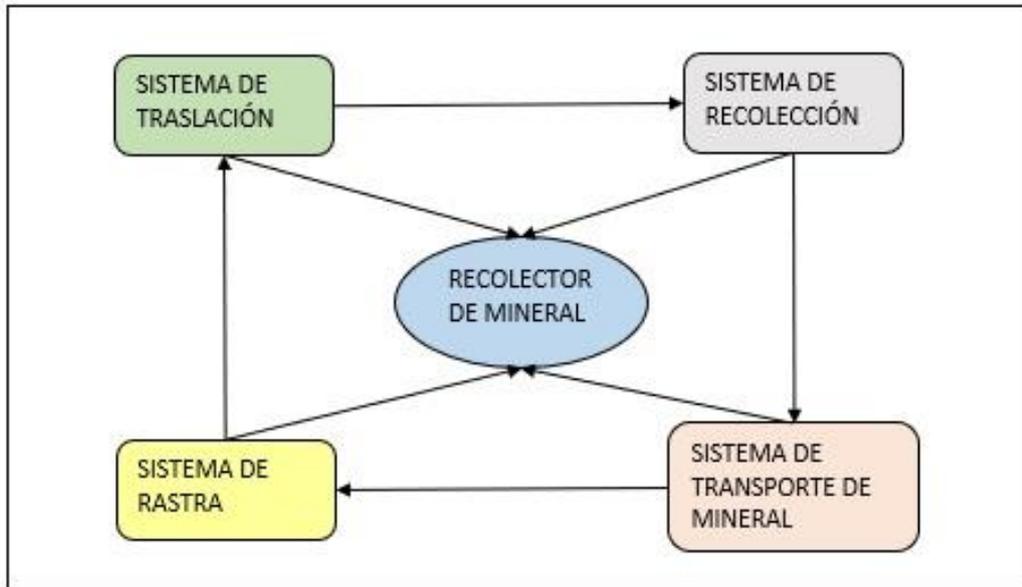
### **6.4 Coordinaciones del Precomisionado, Comisionado y Puesta en Marcha**

Toda coordinación y autorización durante las etapas de inspección de precomisionado y pruebas de comisionado y puesta en marcha que realice CWE, será a través del líder de pre operaciones a los supervisores de especialidad y estos a su vez al personal operario de campo de CWE, empleando como medio de difusión, radios de comunicación de onda local y/o teléfonos RPC.

La difusión de las pruebas a realizarse será coordinada por el líder de pre operaciones de CWE y comunicadas con antelación mediante un trasmittal, correo electrónico, personalmente y/o teléfono celular.

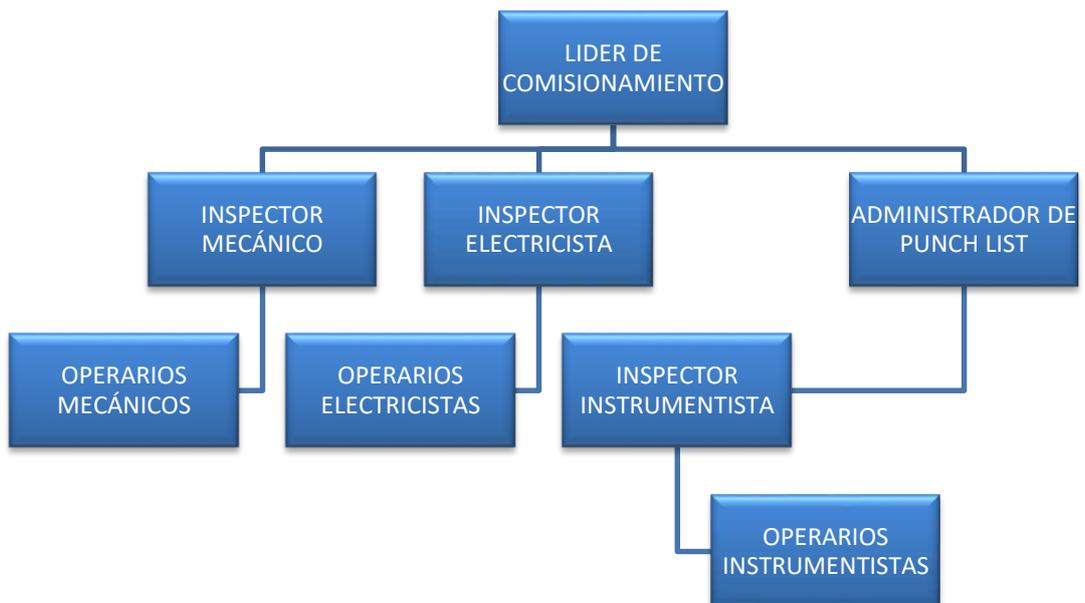
Logo de la empresa	Nombre del proyecto	Codificación del plan
	Numero de contrato	Fecha
PLAN DE PRECOMISIONAMIENTO, COMISIONAMIENTO Y PUESTA EN MARCHA – RECOLECTOR DE MINERAL		Revisión Pág. 15/25

## 7. SISTEMAS Y SUBSISTEMAS



## 8. ORGANIGRAMA DE COMISIONAMIENTO (PRE OPERACIONES)

Se presenta un organigrama con personal calificado.



Logo de la empresa	<b>Nombre del proyecto</b>	<b>Codificación del plan</b>
	<b>Numero de contrato</b>	<b>Fecha</b>
<b>PLAN DE PRECOMISIONAMIENTO, COMISIONAMIENTO Y PUESTA EN MARCHA – RECOLECTOR DE MINERAL</b>		Revisión Pág. 16/25

## **9. CONDICIONES PARA TRANSFERIR EL RECOLECTOR DE MINERAL AL CLIENTE**

Se deberá cumplir con todas las etapas de pre operaciones y la entrega oficial Al cliente

Se formalizará con un Acta de Transferencia firmado, el punch list de comisionamiento totalmente cerrados y la entrega de las “Carpetas TOP” al cliente. El documento será aprobado por el cliente.

## **10. REGISTROS**

Los registros se realizarán de acuerdo a l formato propuesto en el informe de tesis

## **11. INSPECCIONES DE Y COMISIONAMIENTO (PRE-OPERACIONES)**

En las inspecciones para las pruebas de comisionado cuando sea necesaria se consultará a un representante del fabricante del equipo en cuestión, que será aportado por el cliente y/o la presencia de un supervisor de la especialidad del cliente. Es necesaria la presencia del vendor en la etapa de comisionamiento.

Se debe considerar la entrega de los informes diarios de las actividades del vendor firmadas por él, además se considerará la entrega de un documento donde el vendor en mención declara que las instalaciones y pruebas están terminadas y en buenas condiciones y por tanto no se requiere su presencia.

La evidencia efectiva de las pruebas se vaciará en protocolos que deben indicar al menos, los instrumentos utilizados, los valores medidos directamente, las escalas instrumentales, los resultados finales y

Logo de la empresa	Nombre del proyecto	Codificación del plan
	Numero de contrato	Fecha
PLAN DE PRECOMISIONAMIENTO, COMISIONAMIENTO Y PUESTA EN MARCHA – RECOLECTOR DE MINERAL		Revisión Pág. 17/25

cualquiera información sobre defectos detectados y acciones correctivas.

Se presentará un procedimiento para realizar las pruebas de estos equipos, así como de aquellos no mencionados, en la cual se indicarán los tipos de pruebas para cada equipo, los instrumentos a utilizar, la certificación de los instrumentos, el personal requerido, protocolos a entregar para cada equipo y todo detalle necesario para definir las pruebas, para la aprobación del cliente.

### **11.1. Inspecciones Mecánicas**

Las inspecciones de comisionamiento se realizarán con personal operativo y los planos última revisión, manuales y/o data sheet respectivo.

Se verificará que los componentes de los equipos, sistemas estén completos y de acuerdo a los planos última revisión y/manuales del fabricante.

Calidad deberá entregar una copia de los protocolos aprobados por el cliente para realizar pruebas de comisionamiento y/o puesta en marcha.

### **11.2. Inspección de Cables de Fuerza**

En los cables de fuerza se deben considerar al menos las siguientes pruebas:

- Todas las conexiones eléctricas y cables deberán ser inspeccionados visualmente por aislación defectuosa antes de completar la instalación de dispositivos de conexiones eléctricas y terminación, sin embargo, antes de conectar a los equipos, todas las conexiones

Logo de la empresa	Nombre del proyecto	Codificación del plan	
	Numero de contrato	Fecha	
PLAN DE PRECOMISIONAMIENTO, COMISIONAMIENTO Y PUESTA EN MARCHA – RECOLECTOR DE MINERAL		Revisión	Pág. 18/25

eléctricas y cables deberán ser probados mediante la prueba de aislamiento.

- Revisar todas las conexiones de cables y eléctricas que estén conforme a las últimas versiones de los planos de construcción y de los fabricantes.
- Revisar todos los circuitos de AC y CC para cortocircuitos y fallas a tierra.
- Revisar la continuidad de todas las conexiones desde un extremo al otro de los conductores.
- Revisar la secuencia de fase adecuada, código de color, y calibre del cable
- Revisar y verificar la marca de identificación de cables y de la conexión eléctrica.
- Las conexiones eléctricas de 600V y de 1000V deberán ser probadas con un megger, por un minuto, con un probador de aislación de 1000V y deberá probar al menos 25 megaohms para largos de menos de 300 metros.
- Todos los cables de potencia de 2000V y superiores deberán ser probados con un megger, por un minuto, con una capacidad de 5000V después de ser instalados, pero antes de empalmar o terminar.

### **11.3. Inspección de Cables de Control.**

En los cables de control se deben considerar al menos las siguientes pruebas:

- Las pruebas de resistencia de la aislación se deberán aplicar a los cables de control, instrumentos o de comunicación. Ellos deberán ser probados con un multímetro.

Logo de la empresa	<b>Nombre del proyecto</b>	<b>Codificación del plan</b>
	<b>Numero de contrato</b>	<b>Fecha</b>
<b>PLAN DE PRECOMISIONAMIENTO, COMISIONAMIENTO Y PUESTA EN MARCHA – RECOLECTOR DE MINERAL</b>		Revisión Pág. 19/25

- La continuidad de todos los cables deberá ser probada después de la conexión a los terminales usando un medidor con un voltaje de prueba que no exceda 50 CC. No se deberá usar timbres, chicharras u otros dispositivos que producen alzas instantáneas de voltaje.
- Los cables que terminan en DCS, procesadores u otros circuitos que contengan dispositivos semiconductores deberán ser probados solamente cuando estén desconectados en el extremo del circuito que llega al circuito electrónico.
- Revisar y verificar las marcas de identificación de cables y conexiones eléctricas.
- Utilizar un probador de continuidad para probar cada sistema a tierra desde el terminal de tierra principal hasta la caja de cada equipo. La lectura permisible máxima será de 1 ohm, excluida la resistencia de los cables de prueba.

#### **11.4. Baterías y Cargadores.**

Se debe realizar las siguientes inspecciones:

- Revisar si las cajas de las baterías tienen grietas y daño.
- Revisar la hermeticidad de los terminales de las baterías y la apariencia general.
- Revisar los dispositivos de protecciones.
- Comparar la polaridad de la batería y del cargador.
- Verificar la corriente y voltaje de carga.
- Realizar pruebas de capacidad de acuerdo con las instrucciones de los fabricantes.

#### **11.5. Conexión a Tierra.**

En las conexiones a tierra se deben considerar al menos las siguientes acciones:

Logo de la empresa	Nombre del proyecto	Codificación del plan
	Numero de contrato	Fecha
PLAN DE PRECOMISIONAMIENTO, COMISIONAMIENTO Y PUESTA EN MARCHA – RECOLECTOR DE MINERAL		Revisión Pág. 20/25

- El sistema a tierra se deberá revisar para asegurarse de que todas las partes de una estructura de acero, de estructuras de motores, switchgear, MC, SW, bandejas, tubos, y otros equipos eléctricos estén conectados a tierra de acuerdo con los planos.
- Con el uso de un medidor de tierra, determinar las resistencias de la malla a tierra según lo especificado en los planos de conexión a tierra.
- Revisar todas las barras y conexiones de prueba de conexión a tierra.
- Revisar, separadamente si se requiere, que los sistemas de conexión a tierra de los sistemas de control e instrumentación sean adecuados y estén efectivamente separados.
- Después de completar las pruebas de conexión a tierra individuales, la resistencia total de conexión a tierra deberá ser medida y registrada en un informe formal.

#### **11.6. Alumbrado**

Realizar las siguientes pruebas en los circuitos y equipos:

- Probar cada circuito individual con un probador de continuidad para asegurarse de que las conexiones eléctricas y conexiones sean correctas.
- Revisar que todas las salidas de energía tengan la polaridad correcta.
- Verificar que en los paneles todos los circuitos estén etiquetados.
- Realizar las pruebas de verificación de lumen de las luminarias.

#### **11.7. Equipos de Control**

En todos los gabinetes de control, paneles de iluminación, cajas de empalme, y dispositivos montados en terreno, realizar lo siguiente:

- Revisar que todos los terminales tengan conexiones apropiadas.

Logo de la empresa	<b>Nombre del proyecto</b>	<b>Codificación del plan</b>
	<b>Numero de contrato</b>	<b>Fecha</b>
<b>PLAN DE PRECOMISIONAMIENTO, COMISIONAMIENTO Y PUESTA EN MARCHA – RECOLECTOR DE MINERAL</b>		Revisión Pág. 21/25

- Revisar que en las cajas no haya conexiones eléctricas y componentes sueltos.
- Revisar que haya una identificación adecuada de conexiones eléctricas, terminales, cajas terminales, instrumentos, desconectores de control, relés y todos los demás componentes.
- Revisar, usando plano y diagramas esquemáticos, que haya fusibles de potencias nominales adecuadas en todos los circuitos de control. También revisar que no haya fusibles quemados.
- Revisar que todos los interruptores, botoneras eléctricas estén completas y tengan movimiento, su instalación, los contactos, el ajuste, la potencia nominal y el etiquetado,
- Si estuviere especificado, verificar que las cajas estén equipadas con accesorios de drenaje y ventilación e inspeccionar todos los paneles por cualquier acumulación de humedad.
- Revisar que todos los cables eléctricos estén libres de fugas a tierra.
- Revisar que las conexiones se hayan hecho en la secuencia adecuada, según los diagramas esquemáticos.
- Revisar que haya un sellado adecuado en los conduits, las prensas para paso de cables, etc.
- Revisar, si se requiere, que el sistema a tierra del control y del sistema de instrumentación esté efectivamente separado de los otros sistemas a tierra.
- Revisar que todos los conductores de repuesto estén identificados.
- Revisar comparando con los planos, las polaridades de los cables, los tamaños de los cables, y los tipos de cables.
- Verificar las tarjetas y planos de circuito que se requiera dejar en los paneles.

Logo de la empresa	Nombre del proyecto	Codificación del plan	
	Numero de contrato	Fecha	
PLAN DE PRECOMISIONAMIENTO, COMISIONAMIENTO Y PUESTA EN MARCHA – RECOLECTOR DE MINERAL		Revisión	Pág. 22/25

### 11.8. Inspecciones de Instrumentación

Las pruebas en terreno serán realizados en presencia del representante del proveedor de los equipos y de un supervisor del cliente. Previa coordinación y comunicación.

Se exigirán los protocolos de las inspecciones de montaje, calibración, continuidad, conexionado, resistencia, pruebas y otros.

Se revisará y verificará los diagramas de lazos.

## 12. PRUEBAS DE COMISIONAMIENTO (PRE-OPERACIONES)

Se realizará una inspección visual de las instalaciones y certificación y verificación del correcto conexionado de los equipos.

CWE efectuará la operación en vacío de equipos que puedan operar en esta condición para verificar su correcto funcionamiento, a niveles de tensión aceptables y con todos los componentes operando en condición normal de temperatura, corriente u otra variable representativa de operación.

Se exigirán los planos y documentos actualizados, incluyendo las mediciones y ajustes realizados durante la recepción.

Se realizará primero todas las pruebas de chequeo de señales para determinar que ellas están siendo correctamente recibidas y monitoreadas por el DCS y que están siendo correctamente enviadas y recibidas.

Logo de la empresa	<b>Nombre del proyecto</b>	<b>Codificación del plan</b>
	<b>Numero de contrato</b>	<b>Fecha</b>
<b>PLAN DE PRECOMISIONAMIENTO, COMISIONAMIENTO Y PUESTA EN MARCHA – RECOLECTOR DE MINERAL</b>		Revisión Pág. 23/25

Posteriormente, el cliente efectuará la operación en vacío de equipos, que puedan operar en esta condición para verificar su correcto funcionamiento.

Se exigirán los planos y documentos actualizados, incluyendo las mediciones y ajustes realizados durante la recepción.

### **13. SEGURIDAD, SALUD OCUPACIONAL Y MEDIO AMBIENTE**

Durante las pruebas de comisionamiento y/o puesta en marcha, habrá un supervisor de seguridad, encargado de implementar el programa de prevención de riesgos. Dentro de sus principales responsabilidades estarán las siguientes:

- Verificar que el personal contratado tenga la capacitación necesaria para realizar trabajos de pre operaciones.
- Dirigir las charlas de seguridad, supervisar durante las pruebas de comisionamiento y puesta en marcha.
- Reforzar continuamente al personal con un IPERC.
- Diseñará e implementará un plan de capacitación en temas de seguridad y salud ocupacional y medio ambiente.
- Antes de iniciar las actividades de bloqueo y etiquetado, se difundirá el procedimiento a los trabajadores que participaran en el corte de energía, indicando los peligros en el área de trabajo.
- Exigir el uso correcto de elementos y accesorios para realizar el bloqueo y cualquier actividad.
- Se cerciorará que todo el perímetro de trabajo estará delimitado con cinta y letreros de señalización.
- Elaborará un plan de seguridad interno para el área de pre operaciones el cual deberá presentar los temas derrame de lubricantes y combustibles y bloqueo lock out y tag out, entre otros.

Logo de la empresa	Nombre del proyecto	Codificación del plan
	Numero de contrato	Fecha
PLAN DE PRECOMISIONAMIENTO, COMISIONAMIENTO Y PUESTA EN MARCHA – RECOLECTOR DE MINERAL		Revisión Pág. 24/25

- Se cerciorará que ninguna persona ajena al área de pe operaciones, ingrese al área de trabajo.
- Adicionalmente se contará con un coaster para transporte de personal.

Los EPP obligatorios a usar son:

- Casco
- Lentes de seguridad transparentes
- Guantes dieléctricos (resistente hasta 20 Kv)
- Zapatos con punta de acero
- Zapatos dieléctricos
- Orejeras
- Tapones auditivos
- Barbiquejo
- Respirador para polvo
- Arnés de seguridad con doble vía de línea
- Cortaviento

En caso de emergencia	Essalud-Nasca	S/I	056-522876
PNP-Marcona		Comisaría	056-522566
CIA BOMBEROS		Marcona	056-525800
CIA BOMBEROS		Nasca	056-522323
INDECI-Ica		Dirección Reg.	056-239463

### 13.1. En caso de Accidentes / Incidentes

**En caso de accidentes leves:** personal de la Posta Médica del cliente

Logo de la empresa	Nombre del proyecto	Codificación del plan
	Numero de contrato	Fecha
PLAN DE PRECOMISIONAMIENTO, COMISIONAMIENTO Y PUESTA EN MARCHA – RECOLECTOR DE MINERAL		Revisión Pág. 25/25

**En caso de accidentes incapacitantes:** Se activa de inmediato la brigada de primeros auxilios dependiendo de la gravedad del accidentado, será retirado del área de trabajo en camilla o caminando a la ambulancia, será atendido por el paramédico y llevado en la ambulancia al centro de salud correspondiente.

### 13.2. Consideraciones para los trabajos nocturnos

- La iluminación será excelente en el área de trabajo.
- Se señalizarán los accesos y el área de trabajo con dispositivos de luces intermitentes
- Se debe de contar con 02 o 03 luminarias tipo torre en el área de trabajo.
- Se deberá contar con un permiso de trabajo nocturno donde obligatoriamente tiene que estar presente el supervisor de seguridad y el supervisor de la especialidad.

## PANEL FOTOGRAFICO

Figura n° 1.

Vista general del recolector de mineral



Fuente: propia

Figura n° 2.

Vista de motores y rodillo del tambor giratorio



Fuente: propia

Figura n° 3.

Verificación de engrase del piñón del tambor recolector



Fuente: propia

Figura n° 4.

Pruebas con carga del recolector de mineral



Fuente: propia