

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial

Tesis

**Diseño de una propuesta de mejora en la gestión
de mantenimiento en el área de molienda para aumentar
la disponibilidad de los equipos de una planta
concentradora de cobre**

Deyvi Osmar Zegarra Villena

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Industrial

Arequipa, 2021

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por permitirme lograr este objetivo planteado desde hace muchos años atrás; agradezco a mi esposa que estuvo siempre ahí motivándome a seguir adelante para poder culminar mi carrera universitaria en esta prestigiosa universidad.

Agradezco a mis padres quienes siempre estuvieron motivándome para poder lograr este objetivo de culminar mi carrera universitaria.

Agradezco a mi esposa que estuvo presente en toda esta etapa que curse mis estudios universitarios siendo ella mi mayor motivo para culminar mi carrera en la universidad.

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación de mejora se la dedico a mi esposa, a mis padres, amigos y todas las personas que confiaron en mí para lograr este gran reto de culminar mi carrera universitaria, cumpliendo el objetivo de crecimiento como persona y profesionalmente en esta prestigiosa Universidad Continental.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTO.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	ix
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	3
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.1.1. Problema General.....	4
1.1.2. Problema Específico.....	4
1.2. OBJETIVOS.....	4
1.2.1. Objetivo general.....	4
1.2.2. Objetivo específico.....	4
1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	5
1.3.1. Justificación económica.....	5
1.3.2. Justificación técnica.....	5
1.3.3. Justificación practica.....	5
1.4. HIPÓTESIS.....	5
1.4.1. Hipótesis general.....	5
1.5. VARIABLES E INDICADORES.....	6
1.5.1. Variable Independiente.....	6
1.5.2. Variables Dependientes.....	6
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	8
2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO.....	8
2.1.1. Antecedentes a nivel internacional.....	8
2.1.2. Antecedentes a nivel nacional.....	10
2.2. BASES TEÓRICAS.....	12
2.2.1. Mantenimiento.....	12
2.2.2. Gestión de mantenimiento.....	15
2.2.3. Teoría de molienda.....	18
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.....	25

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....	27
3.1. MÉTODO Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN	27
3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	27
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	27
3.3.1. Población	27
3.3.2. Muestra	27
3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	28
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	29
4.1. DIAGNOSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	29
4.1.1. Descripción del proceso	29
4.1.2. Resultados de la encuesta aplicada a los encargados de empresas de mantenimiento.	36
4.2. DISEÑO DE ESTRATEGIAS.....	41
4.2.1. Mejora en las herramientas de Gestión de Mantenimiento	41
4.2.2. Mejora de las Tácticas de Mantenimiento en Parada de Planta	42
4.3. EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA.....	47
4.3.1. Aspectos administrativos	49
4.3.2. Presupuesto económico	49
4.3.3. Plan de ejecución.....	61
4.3.4. Cronograma de ejecución de nuevo plan de mejora	69
CONCLUSIONES.....	72
RECOMENDACIONES	73
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	74
ANEXOS.....	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Operacionalización de variables	6
Tabla 2.	Proceso de fragmentación.	20
Tabla 3.	Tipo de molinos según el tamaño final del material.	22
Tabla 4.	Técnicas e instrumentos	28
Tabla 5.	¿Cuánto tiempo llevas realizando mantenimiento de planta concentradora?	36
Tabla 6.	¿Qué problemas ha tenido en el área de Molienda?	37
Tabla 7.	¿Qué deficiencias has encontrado en el área de molinos?	38
Tabla 8.	¿Qué área crees que tiene más problemas en la ejecución del mantenimiento?	39
Tabla 9.	¿Comentarios de mejoras realizadas en los mantenimientos?	40
Tabla 10.	Dimensionamiento de tiempo parada menor.....	51
Tabla 11.	Dimensionamiento de tiempo parada Mayor.....	52
Tabla 12.	Presupuesto económico de la parada menor.....	53
Tabla 13.	Presupuesto económico de la parada Mayor	56
Tabla 14.	Presupuesto Anual del Plan de Mejora de disponibilidad	59
Tabla 15.	Análisis de indicadores financieros.....	61
Tabla 16.	Plan de ejecución de la primera prueba con una simulación del nuevo plan.....	63
Tabla 17.	Plan de ejecución del nuevo plan en paradas menores	64
Tabla 18.	Plan de ejecución del nuevo plan en paradas mayores.....	65
Tabla 19.	Disposición estimada de horas de disponibilidad de Mantenimiento del área de Molinos	66
Tabla 20.	Disposición estimada porcentaje propuesto de disponibilidad de Mantenimiento del área de Molinos.....	67
Tabla 21.	Simulación del Man power con el grupo nuevo de trabajo.	68
Tabla 22.	Cronograma de ejecución	70
Tabla 23.	Cronograma de ejecución del plan de mejora.....	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Implicancias de la gestión de mantenimiento.....	15
Figura 2.	Etapas de la gestión de mantenimiento.....	16
Figura 3.	Molino de martillos utilizado para el proceso de molienda.....	21
Figura 4.	Factores que inciden en la disponibilidad.....	24
Figura 5.	Descripción del proceso de la planta.....	33
Figura 6.	Descripción de las paradas de planta – circuito fajas transportadoras	34
Figura 7.	Descripción de la parada de planta circuito de Molinos alimentación y descarga.....	35
Figura 8.	¿Cuánto tiempo llevas realizando mantenimiento de planta concentradora?	36
Figura 9.	¿Qué problemas ha tenido en el área de Molienda?	37
Figura 10.	¿Qué deficiencias has encontrado en el área de molinos?	38
Figura 11.	¿Qué área crees que tiene más problemas en la ejecución del mantenimiento?	39
Figura 12.	¿Comentarios de mejoras realizadas en los mantenimientos?	40
Figura 13.	Mejora de una parada de planta.....	43
Figura 14.	Mejora del mantenimiento preventivo.....	44
Figura 15.	Mejora de los protocolos de mantenimiento.....	45
Figura 16.	Mejora del planeamiento preventivo.....	47

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue diseñar una propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento en el área de molienda, para aumentar la disponibilidad de los equipos de una planta concentradora de cobre, con la finalidad del aumento de disponibilidad de equipos de una planta, mediante la ejecución de los servicios de mantenimiento preventivo, correctivo y especializado, desempeñando esta labor en diferentes unidades mineras en las áreas de chancado, molienda, flotación, relaves y filtros. La investigación tuvo un enfoque cuantitativo y fue de tipo descriptiva.

Al realizar el estudio se evidenció mediante el uso de indicadores, que se realizan paradas imprevistas de los equipos por falla de los circuitos de alimentación o descarga del área de Molienda, causando paradas no planificadas, ocasionando la pérdida de la disponibilidad de los equipos, volviéndolos menos confiables en los objetivos de producción, por lo que fue necesario definir mejoras sobre los equipos de la planta en el mantenibilidad de los equipos del área de Molinos que urgen de los circuitos de alimentación y descarga de los equipos del área de molienda de la planta concentradora de cobre, que están afectando en la disponibilidad de los equipos del área de Molienda.

Buscando de esta forma diseñar una propuesta de mejora de gestión y poder aumentar la disponibilidad de equipos de la planta concentradora en el área de Molienda, con la finalidad de evitar preventivamente paradas imprevistas (no planificadas) de los circuitos de alimentación y descarga; utilizando indicador OEE "Overall Equipment Effectiveness" ya que sería el más indicado y se adapta a las necesidades de la empresa.

Obteniendo como resultados que este diseño mejora el aumento de disponibilidad de equipos en una unidad minera, incrementándola de un 94.65% a un 98.71%. Al evaluar la viabilidad económica de la propuesta, se encontraron indicadores económicos y financieros favorables para la puesta en marcha de la propuesta, ya que se obtuvo un VAN positivo un TIR del 23.13%, es decir, superior a la tasa de descuento y un B/C de 1.64, es decir, que por cada dólar invertido se obtendría como beneficio 0.64 centavos aumentando la disponibilidad de los equipos del área de Molienda.

Palabra Clave: Disponibilidad, molienda, gestión de mejora

ABSTRACT

The objective of the research was to design a proposal for improvement in maintenance management in the milling area to increase the availability of the equipment of a copper concentrator plant, with the purpose of increasing the availability of equipment of a plant through the execution preventive, corrective and specialized maintenance services, performing this task in different mining units in the areas of crushing, grinding, flotation, tailings and filters. The research had a quantitative approach and was descriptive.

When carrying out the study, it was evidenced through the use of indicators that unforeseen stops of the equipment are made due to failure of the feeding or discharge circuits, causing unplanned equipment stops causing the loss of the availability of the equipment, making them less reliable in the objectives of production, so it was necessary to define improvements and preventions on the equipment of the plant and redefine maintenance according to the equipment in the area and not in the urgent needs of the feeding and unloading circuits of the equipment in the grinding area of the plant. copper concentrator that are affecting the availability of the equipment in the Grinding area.

Seeking in this way to design a management improvement proposal and to be able to increase the availability of concentrator plant equipment in the Grinding area, in order to be able to preventively avoid unforeseen (unplanned) stoppages of the supply and discharge circuits; using OEE indicator "Overall Equipment Effectiveness" since it would be the most indicated and adapts to the needs of the company.

Obtaining as results that this design improves the increase in equipment availability in a mining unit, increasing it from 94.65% to 98.71%. When evaluating the economic viability of the proposal, favorable economic and financial indicators were found for the implementation of the proposal, since a positive NPV was obtained, an IRR of 23.13%, that is, higher than the discount rate and a B/ C of 1.64, that is, for every dollar invested, 0.64 cents would be obtained as a benefit increasing the availability of equipment.

Key Word: Availability, milling, improvement management.

INTRODUCCIÓN

Siendo en el Perú el tercer país en el mundo en la explotación de Cobre, en varios departamentos se encuentran diferentes compañías explotando este recurso que genera trabajo de manera directa e indirecta al pueblo peruano, siendo una de las fuentes de mayor ingreso en el Perú al explotar este recurso.

Se registra que se tiene grandes compañías invirtiendo en nuestro país en la explotación de cobre, tales como las unidades mineras más conocidas y de renombre como son: Sociedad Minera de Cerro Verde(Arequipa), la Unidad Minera de Hudbay (Cusco), la Unidad Minera de Antapaccay (Espinar-Cusco), la Unidad Minera de las Bambas (Apurímac), la Unidad Minera de Antamina (Ancash), la Unidad minera de Chinalco(Junín), la Unidad Mineras de Toquepala-Cuajone(Moquegua), la Unidad Minera de Quellaveco (Moquegua)

Se analizará los procesos de las plantas concentradoras de cobre y nos enfocaremos en los mantenimientos preventivos con el plan anual de mantenimiento ya programado, buscando diseñar una propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento en el área de molienda, con el objetivo de aumentar la disponibilidad de los equipos de una planta concentradora de cobre.

Con el reporte de los indicadores, se puede concluir que los circuitos de alimentación y descarga en el área de Molienda son considerados problemas menores, pero la suma de varias paradas de planta imprevistas, afectan la disponibilidad de los equipos del área de molienda, generando los mantenimientos correctivos, acumulando horas muertas en los equipos, horas hombre no planificadas; en general, afecta la disponibilidad del equipo, perjudicando el área de molienda, evidenciando una mantenibilidad de los equipos deficiente, llegando a la conclusión que los equipos sean menos confiables en su proceso, causando pérdidas económicas a las compañías encargadas de explotar este mineral bajo este proceso de extraer cobre.

En relación con lo planteado, se pretende diseñar una propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento en el área de molienda, para aumentar la disponibilidad de los equipos de una planta concentradora de cobre, con la finalidad del aumento de eficiencia de los equipos de una planta mejorando la ejecución de los servicios de mantenimiento preventivo, correctivo y especializado.

La tesis de investigación está estructurada en 4 capítulos, los cuales se detallan a continuación:

En el capítulo I: se analizó el problema, los objetivos, las hipótesis y se definieron las variables en estudio.

En el capítulo II, se analizaron antecedentes asociados a las variables en estudio, se definieron las bases teóricas y se definieron los términos básicos.

En el capítulo III, se definió el tipo de investigación, el alcance, el nivel, se definió la población y la muestra y se detalló la técnica e instrumentos y se definieron las técnicas de análisis de datos.

En el capítulo IV, se analizan los datos y se dan los resultados que se obtienen, mediante el análisis de los resultados obtenidos en la encuesta, se realiza el diseño de la propuesta y se plantean un plan para aumentar la disponibilidad de los equipos.

Por último, se realizan las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I:

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Uno de los objetivos importantes por parte de las compañías que invierten en la extracción del cobre, es la disponibilidad de los equipos, ya que en estas empresas se tienen claro los proyectos a ejecutar. Estas compañías son conocidas como plantas concentradoras y en el Perú se encuentran: Planta concentradora de la unidad minera de las Bambas ubicado en el departamento de Apurímac, Planta concentradora de la unidad minera de Antapaccay ubicado en el departamento de Cusco, Planta concentradora de la unidad minera Chinalco ubicado en el departamento de Junín, Planta concentradora de la unidad minera de Antamina ubicada en el departamento de Ancash, y Planta concentradora de la unidad minera (Toquepala-Cuajone) Southern ubicada en Moquegua.

Uno de los puntos importantes es su operatividad, en el proceso de mantenimiento preventivo en los equipos del área de molienda en las paradas de planta concentradora, donde se tiene muchas falencias: como el levantamiento de información de desgaste de los circuitos de alimentación y circuitos de descarga del área de molienda, entre otros.

Los mantenimientos involucran actividades que deben realizarse y se encuentran definidas en el plan anual de paradas de planta, donde se especifican los equipos, el área y la disponibilidad de estos en la etapa de proceso de mineral. Entre las actividades de mantenimiento se encuentran: cambio de Liners en el Chutes de alimentación de los molinos, cambio de liners Chutes de descarga de los molinos, cambio de revestimiento en la canaleta de Chips, entre otros.

En la planta concentradora en estudio, uno de los problemas que se presenta en forma constante, es que no se toma en cuenta con la debida importancia que se requiere el mantenimiento de planta, teniendo las consecuencias que indirectamente repercute y afecta en tener mantenimientos correctivos, parando los equipos o el circuito completo, afectando enormemente la disponibilidad agrandando la mantenibilidad y causando pérdidas económicas significativas.

Tener estos eventos entre los mantenimientos preventivos, implica que se tiene que hacer una parada de equipo dañado, previa evaluación de la criticidad de la falla, trayendo como consecuencia que el equipo sea menos confiable, poniendo en discusión su plan de mantenibilidad lo que genera pérdidas para la empresa.

En la actualidad para mejorar la disponibilidad de los equipos, en esta investigación, se plantea diseñar una propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento en el área de molienda para aumentar la disponibilidad de los equipos de una planta concentradora de cobre.

1.1.1. Problema General

En el problema general se plantea la siguiente interrogante.

¿Es factible diseñar una propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento en el área de molienda para aumentar la disponibilidad de los equipos de una planta concentradora de cobre?

1.1.2. Problema Específico

Entre los problemas específicos se tienen los siguientes:

- ¿Cuál es la situación actual de los procesos llevados a cabo en el área de molienda en la planta concentradora de cobre?
- ¿Se podrá elaborar estrategias para mejorar la disponibilidad de equipos?
- ¿Es viable de forma económica la propuesta?

1.2. OBJETIVOS

Los objetivos del presente trabajo se llegaron a establecer de la siguiente manera:

1.2.1. Objetivo general

Diseñar una propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento en el área de molienda para aumentar la disponibilidad de los equipos de una planta concentradora de cobre.

1.2.2. Objetivo específico

En el objetivo específico se tienen lo siguiente:

- Diagnosticar la situación actual de los procesos llevados a cabo en el área de molienda en la planta concentradora de cobre
- Elaborar estrategias para mejorar la disponibilidad de equipos
- Evaluar la viabilidad económica de la propuesta.

1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

En esta sección, se detallará la justificación e importancia económica, técnica y social, sobre los beneficios que nos da el uso de la emulsión gasificada en la actividad de perforación y voladura.

1.3.1. Justificación económica

La minería es una actividad que en sus operaciones genera gran cantidad de inversión, sobre todo en el área de molienda y las paradas no programadas, generan pérdidas monetarias. Con el diseño de una propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento en el área de molienda, se pretende aumentar la disponibilidad de los equipos de una planta concentradora de cobre.

1.3.2. Justificación técnica

Con el avance tecnológico referente a las actividades asociadas a la molienda, se pretende mejorar la disponibilidad de los equipos involucrados en esta área utilizando herramientas de alta tecnología, buscando minimizar las pérdidas monetarias y aumentar los ingresos.

1.3.3. Justificación practica

Con la realización de la investigación se pretende dar solución al problema planteado, el cual se centra en la falta de disponibilidad de equipos debido a paradas no programadas, generando un retraso en los trabajos y una pérdida de dinero; se pretende dar solución a esta situación, mediante el diseño de una propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento en el área de molienda para aumentar la disponibilidad de los equipos de una planta concentradora de cobre.

1.4. HIPÓTESIS

Las hipótesis de la investigación permitirán demostrar de una manera clara la identificación de los beneficios que obtendría la empresa con el diseño de la propuesta de mejora.

1.4.1. Hipótesis general

El diseño de una propuesta de mejorar de forma significativa la gestión de mantenimiento en el área de molienda, aumentará la disponibilidad de los equipos de una planta concentradora de cobre.

1.5. VARIABLES E INDICADORES

Las variables involucradas en la investigación son:

1.5.1. Variable Independiente

Gestión de mantenimiento.

1.5.2. Variables Dependientes

Disponibilidad de equipos de molienda.

Tabla 1.

Operacionalización de variables

Variable	Indicador	Subindicadores
Variable independiente: Gestión de mantenimiento	Planeamiento del mantenimiento	Diagramas de Gantt. Time Line de la parada de planta.
	Ejecución del mantenimiento	Plan de mantenimiento. Man Power de la parada de planta. Cierre del Gantt de la parada de planta.
	Resultados después del mantenimiento	Cierre de la curva "S" de la parada de planta. Reporte del informe técnico de la ejecución de la parada de planta. Reporte periódicamente cada hora del avance del mantenimiento con el KPI indicador de tiempo para el llenado de la curva "S", Time Line, y el seguimiento una vez culminado la parada con el recuento y el uso del KPI de indicador de los
	Control del mantenimiento	elementos de desgaste con mayor rotación si se llegó a utilizar todo el recurso utilizado Cierre de valorización y cierre de la parada de planta programada.
Variable dependiente: Disponibilidad de equipos de molienda	Confiabilidad	KPI indicador de toneladas procesadas por equipos. Tiempo de parada de mantenimiento
	Mantenibilidad	KPI indicador de horas programadas de la mantención del equipo de molinos,

	Indicador del MTTR con el tiempo de reparaciones.
Disponibilidad de equipo	Indicador del MTBF. Mantenimiento en el tiempo programado.
Eficiencia y calidad del producto	Indicador OEE Sus siglas vienen del inglés: "Overall Equipment Effectiveness.

CAPÍTULO II.

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

2.1.1. Antecedentes a nivel internacional

Lagos, et al., (2018) en su artículo “Current Status of Copper-Ore Processing: A Review” Se lleva a cabo un análisis de diagramas de flujo para el procesamiento de minerales sulfurados y óxidos de cobre, modos de reactivos, equipos de procesamiento e indicadores de flotación en algunas plantas de procesamiento y producciones nacionales y extranjeras. Los molinos autógenos y semiautógenos, se utilizan comúnmente en la etapa de molienda primaria en las plantas de procesamiento de minerales, lo que excluye la trituración media y fina. La alternativa son los rodillos de molienda de alta presión, que pueden reducir el consumo de electricidad en comparación con la molienda autógena y semiautógena. Se observa un aumento en el uso de equipos de flotación de procesamiento de mineral de gran volumen y alto rendimiento, para mantener la calidad y cantidad del producto. Además de los molinos de bolas, los molinos de molienda fina y ultrafina en diferentes configuraciones, se utilizan ampliamente en la etapa de remolienda del concentrado de flotación más áspero. Se realiza un análisis de los reactivos de flotación para incrementar la eficiencia del proceso de separación, donde se dan los enfoques nacionales y extranjeros para la selección de los reactivos de flotación. Cabe señalar que la combinación de colectores primarios y secundarios se usa a menudo en plantas de procesamiento extranjeras. Se presentan los reactivos de flotación utilizados en el procesamiento de minerales de sulfuro y óxido de cobre y sus costos. Se considera el circuito combinado de flotación-procesamiento hidrometalúrgico de mineral mixto de cobre en el yacimiento Udokan. Las conclusiones revelan las tendencias actuales en el procesamiento de minerales de cobre, incluida la elección del equipo.

Thawkar et al. (2018), en su artículo “A reliability centred maintenance approach for assessing the impact of maintenance for availability improvement of carding machine”, se orientó a presentar un enfoque de mantenimiento centrado en la confiabilidad, a fin de optimizar la disponibilidad de la máquina cardadora e incrementar los índices de producción. La investigación fue de tipo descriptivo-aplicativo y diseño no experimental. Se encontró que, antes de la implementación de la propuesta de mantenimiento, la disponibilidad de equipos fue del 92%; mientras que, luego de la implementación, se logró una disponibilidad del 93.7%. Como conclusiones, se encontró que a partir de la

implementación de medidas preventivas de mantenimiento, se redujo el tiempo de inactividad total de la máquina en un 26%, y la mejora de disponibilidad fue de alrededor del 1,7%, en comparación con las prácticas de mantenimiento en el diagnóstico inicial.

Asimismo, se consideró el artículo de Oswuobi et al. (2018), titulado “A Reliability-Centered Maintenance Study for an Individual Section-Forming Machine”, que planteó como objetivo analizar la tendencia de ruptura en una producción automatizada con la finalidad de recomendar la implementación de una propuesta de gestión de mantenimiento centrada en la confiabilidad y, consecuentemente, mejorar la productividad mediante programas de mantenimiento preventivo. El estudio fue de tipo explicativo-aplicativo, y se analizaron las partes de la máquina y mecanismos de trabajo para conocer los métodos de procesos y procedimientos. Se encontró que el uso de un programa de mantenimiento impacta positivamente en la mejora de disponibilidad, seguridad y rentabilidad de la máquina, aspectos que, consecuentemente, incrementan el margen de utilidad de la empresa, es decir, aumentan su productividad y rendimiento.

Además, se revisó el artículo de Wakiru et al. (2018), titulado “Maintenance optimization: Application of remanufacturing and repair strategies”. La investigación fue de tipo aplicada y descriptiva, diseño no experimental. Se evidenció la necesidad de reemplazar los componentes de la planta energética de análisis en caso de presentar fallas, ya que ello impacta positivamente en la disponibilidad del sistema, así como el tiempo de mantenimiento. Al realizar la acción de reemplazo, se logró reducir el tiempo de mantenimiento en un 3,46% (alrededor de 3431 horas de producción adicional, en promedio), por lo que la estrategia de mantenimiento mejora la disponibilidad de la planta en un 2,02%. En este sentido, la propuesta de mejora de mantenimiento (reemplazo de componentes), resulta eficiente para optimizar la disponibilidad de la planta energética de estudio, conllevando a la optimización de costos a nivel organizacional.

Palomino et al. (2019) realizaron un estudio titulado “TPM Maintenance Management Model Focused on Reliability that Enables the Increase of the Availability of Heavy Equipment in the Construction Sector”, que tuvo como objetivo presentar un estudio de mantenimiento preventivo enfocado en el mantenimiento productivo y mantenimiento centrado en la confiabilidad. La investigación fue de tipo aplicativo y corte transversal. Se realizó un diagnóstico inicial que evidenció que existe un 62% de disponibilidad de los equipos para el proceso producto. Sin embargo, al aplicar el modelo de propuesta de mantenimiento, la disponibilidad se incrementó a un 81%, ya que, mensualmente, no se producirán paradas que retrasen la ejecución del proyecto. Por lo tanto, se concluyó que con la propuesta de mejora se logra incrementar en un 5% la disponibilidad general de la

maquinaria, así como una reducción del 15% respecto tiempo de inactividad, lo que conlleva al incremento de la competitividad de la empresa.

2.1.2. Antecedentes a nivel nacional

Moscoso et al. (2020), en su artículo “Integral Model of Maintenance Management Based on TPM and RCM Principles to Increase Machine Availability in a Manufacturing Company”, propone un modelo integral de gestión del mantenimiento basado en los principios de mantenimiento productivo total y metodologías de mantenimiento centrado en la confiabilidad, a fin de incrementar la disponibilidad de equipos manufactureros. El estudio fue de tipo aplicativo, y se evidenció que la propuesta de mejora de gestión del mantenimiento presentada logró los resultados esperados respecto a indicadores de mantenimiento como confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad, ya que se observó un incremento del 15% de la disponibilidad de equipos (30 horas de producción adicional). Cabe señalar que la propuesta implementada impactó positivamente en la cultura organizacional, generando cambios en cuanto a las actividades de mantenimiento, reporte y registros de fallas, entre otras acciones. Por lo tanto, se concluyó que la propuesta de mejora de gestión de mantenimiento es eficiente para incrementar la disponibilidad de los equipos utilizados en las empresas manufactureras.

De la Rosa y Torres (2020) realizaron una investigación titulada “Diseño de un plan de gestión de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de los equipos de bombeo en una planta minera”, la cual fue de tipo explicativa-aplicativa, enfoque cuantitativo y diseño no experimental. Al efectuar un diagnóstico inicial, se obtuvo un 73% de disponibilidad de equipos en la planta minera, porcentaje que destaca la baja disponibilidad, siendo este el problema de mayor impacto en la unidad de estudio. Seguidamente, se elaboraron formatos para reportes de fallas, políticas de mantenimiento, check list, además de establecer procedimientos estándares para las acciones operativas y fichas de control de parámetros de funcionamiento y operación. Se concluyó que, al poner en marcha un plan de mantenimiento, se logró incrementar la disponibilidad de equipos de bombeo en un 13%; además, se demostró su viabilidad económica, ya que su aplicación permite obtener un VAN de \$267,176.00 y TIR de 100.53%, obteniendo una relación costo-beneficio de 0.71.

Asimismo, se consideró la investigación de Imán y Reque (2020), titulada “Gestión de mantenimiento para incrementar la eficiencia global de los equipos de la empresa Tablenorte S.A.C. La Victoria-Sede Principal”, donde plantearon como objetivo “elaborar un sistema de gestión de mantenimiento en el área de producción para incrementar la eficiencia global de los equipos de la empresa Tablenorte S.A.C.” (p. 37). El estudio fue de tipo descriptiva-aplicativa, corte transversal y diseño no experimental. Inicialmente, se

realizó un diagnóstico que permitió identificar los problemas en la empresa de estudio, tales como insuficiente control de calidad, paradas no programadas por falta de mantenimiento programados, falta de personal de mantenimiento, capacitaciones, herramientas insuficientes, entre otros. Por ello, se planteó una gestión de mantenimiento en función de herramientas como 5S o Lean Manufacturing, que permitió mejorar el orden y limpieza del área, registro de incidencias, control de inventario, y otros aspectos del plan de mantenimiento. Consecuentemente, se concluyó que la propuesta de mejora permitió incrementar la disponibilidad de los equipos de un 67% a 89%; por lo tanto, se concluyó que el diseño e implementación del plan de mantenimiento incrementa la eficiencia global de los equipos, alcanzando un porcentaje de 74%.

Macedo y López (2020), en su estudio “Modelo de gestión de mantenimiento para mejorar la disponibilidad en equipos subterráneos en una empresa de mediana minería en Ayacucho-Perú, utilizando RCM”. La investigación fue de tipo descriptivo-explicativo. Al realizar un diagnóstico inicial, se evidenció que existe un 77% de disponibilidad de equipos, además de que el costo de mantenimiento anual fue de \$ 1'236,239.00. Se identificó que la cuestión de disponibilidad se genera por la interrupción de la movilidad continua de equipos y el suministro de potencia en las ruedas de los equipos, frecuente interrupción del suministro de energía que se requiere para garantizar la operatividad de los equipos, y afecciones en las particularidades externas e internas del equipo. Se concluyó que la implementación de un modelo de gestión de mantenimiento, en este caso de metodología RCM, representa una solución significativa y válida, ya que logró a un 83% la disponibilidad de equipos.

Pretell (2021), en su tesis “Gestión del mantenimiento del área de molienda de una minera aurífera aplicando el TPM para mejorar su eficacia”, que planteó como objetivo “aplicar las técnicas de gestión de mantenimiento [...] para lograr que los equipos operen sin averías y fallas” (p. 8). El estudio fue de tipo descriptivo-aplicativo y diseño no experimental, siendo la muestra de estudio la base de datos respecto a tiempos de parada del área de molienda, de la minera Yanacocha S.R.L. Se encontraron diversas fallas en los equipos del área de molienda, lo que provoca tiempos de paradas no programadas, conllevando a baja disponibilidad de equipos y reducción del rendimiento, aspectos que, a su vez, reducen la eficiencia de los equipos. Al aplicar un plan de mantenimiento se incrementó la eficiencia del proceso de mantenimiento en un 22%, generando una reducción en los tiempos de paradas y en los defectos de calidad debido al incremento operativo de los equipos. En conclusión, se alcanzó un porcentaje de 88% respecto a disponibilidad de equipos, tasa de calidad y tasa de rendimiento respecto a la eficiencia del

área de molienda, debido a la implementación del plan de mantenimiento en la minera aurífera Yanacocha S.R.L.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Mantenimiento

Pérez, citado por Amambal y Huatay (2018), señala que el término 'mantenimiento' hace referencia a una serie de actividades, ya sea programada o no programadas, que se requieren para restablecer o mantener el desempeño adecuado de un sistema, posibilitando que su desempeño sea a bajo costo.

Por su parte, González et al. (2018), conceptualizan el mantenimiento como el conjunto de actividades que permiten ampliar la vida útil de los equipos que intervienen, principalmente, en el proceso productivo, siendo su principal finalidad evitar pérdidas por paradas no programadas, además de reducir los costos de producción y lograr que los productos fabricados tengan una calidad óptima.

Amambal y Huatay (2018), destacan que el mantenimiento tiene los siguientes objetivos:

- Optimizar, de forma continua, los equipos de producción hasta alcanzar su más alto nivel de operatividad, para lo cual se requiere incrementar la efectividad, disponibilidad y confiabilidad de los mismos.
- Cumplir, efectivamente, las normas ambientales y de seguridad.
- Aprovechar a cabalidad los componentes de los equipos de producción, con el fin de reducir los costos de mantenimiento.
- Incrementar el beneficio global.

Entonces, tal como señalan García et al. (2019), es fundamental que los sistemas que han sido creados por el hombre funcionen según las especificaciones de diseño, es decir, que cumplan con los objetivos para los que fueron fabricados. Para ello, se debe considerar el proceso de mantenimiento, entendido como el conjunto o actividades realizadas por el usuario para mantener la capacidad de los sistemas y que estos funcionen correctamente.

Tipos de mantenimiento

En la actualidad, existen diversos sistemas que permiten rastrear el servicio de mantenimiento que brindan las instalaciones operativas. Algunos de ellos no solo se enfocan en corregir errores, sino que también intentan evitar que estos sucedan. En este sentido, típicamente se presenta cuatro tipos de mantenimiento: preventivo, correctivo, predictivo y productivo total.

a) Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo es un conjunto de actividades que se planifican con anticipación, como inspecciones, reparaciones y pruebas periódicas, con el objetivo de reducir la frecuencia y la gravedad de las fallas del sistema. (Amambal y Huatay, 2018).

Fucci, citado por Campos (2018), afirma que el mantenimiento preventivo comprende servicios tales como inspección, almacenamiento, control y restauración de un dispositivo con el objetivo de prevenir, identificar y corregir defectos para evitar fallas en el sistema y, por ende, en el proceso de producción. Es decir, el mantenimiento preventivo es el que se realiza periódicamente para alargar la vida útil de cada equipo productivo, el cual debe ser sometido a un seguimiento adecuado.

b) Mantenimiento correctivo

Cuando ocurre una falla y el equipo no puede continuar con sus funciones, la falta de mantenimiento preventivo hace necesario el desarrollo de un plan de mantenimiento correctivo, lo que permite ahorrar importantes cantidades de dinero (Linares, 2015). Por lo tanto, el mantenimiento correctivo, funciona adecuadamente en sistemas complejos con muchas partes móviles, donde es imposible predecir fallas y procesos que pueden interrumpirse en cualquier momento sin comprometer la seguridad (Amambal y Huatay, 2018).

El mantenimiento correctivo presenta como principal inconveniente que en cualquier momento puede ocurrir una falla, muchas veces en el momento más inoportuno, debido a que el equipo se encuentra sometido a mayores demandas en determinados momentos. (Linares, 2015).

Cabe resaltar que la mayoría de los problemas son causados por fallas imprevistas, lo que requiere mantenimiento correctivo, siendo este un método para resolver un problema que surge en un momento específico. Estos problemas pueden manifestarse de dos formas: mantenimiento correctivo inmediato, donde los equipos requieren una reparación mínima que puede solucionarse de forma instantánea, y mantenimiento correctivo retrasado, en cuyo caso el equipo deja de funcionar. (Amambal y Huatay, 2018).

c) Mantenimiento predictivo

Según Reina et al. (2017), el mantenimiento predictivo es un tipo de mantenimiento que se orienta a conocer e informar sobre el estado y funcionamiento de los equipos o instalaciones en cada momento, utilizando el conocimiento de valores predeterminados y representativos. Para aplicar este mantenimiento, en primer lugar, se deben identificar con

precisión las variables físicas (consumo de energía, temperatura, vibración, entre otros), cuyo cambio o variación puede representar problemas en el funcionamiento del equipo.

En este marco, Zambrano y Pérez (2021), afirman que el término "mantenimiento predictivo" engloba un conjunto de técnicas que permiten aminorar el costo de los programas de mantenimiento de tipo tradicional. Por lo cual, este tipo de mantenimiento se encarga de garantizar la disponibilidad y desempeño de los componentes que integran los equipos a través del mantenimiento preventivo y correctivo.

Flores, citado por Amambal y Huatay (2018), manifiesta que el mantenimiento predictivo sienta sus bases en la noción de que la mayoría de fallas ocurren de manera gradual y, en algunos casos, brindan indicadores claros de una falla futura, ya sea a simple vista o mediante un proceso de monitoreo, es decir, a partir de la selección, medición y análisis de diversos parámetros que resultan claves, y que representan el correcto funcionamiento del equipo.

Cabe destacar que, actualmente, este tipo de mantenimiento es el más avanzado y requiere herramientas técnicas muy desarrolladas, así como conocimientos matemáticos, físicos y técnicos especializados para su correcta implementación.

d) Mantenimiento productivo total

El Total Productivity Management (TPM), entendido como mantenimiento productivo total, es un método orientado a optimizar y aumentar la productividad del proceso de fabricación. Este método implica la aplicación práctica de datos respecto a disponibilidad, finalización del programa y calidad del producto. Es preciso señalar que, a partir de estos datos, es posible demostrar la eficiencia general del equipo, siendo un método que permite establecer el mejor uso de los recursos. (Flores, citado por Amambal y Huatay, 2018).

El TPM es un método de mantenimiento que se centra en la reducción de la eficacia del equipo (optimización de la eficiencia global), por lo que establece un sistema de mantenimiento productivo de alcance más amplio, que permite cubrir completamente la vida útil del equipo, considerando todas las áreas que se relacionan con este, tal como producción, planificación, mantenimiento, entre otros (Obeso et al., 2019). Para promover este tipo de mantenimiento, se considera la participación de todo el capital humano de la empresa (directivos y operarios), a quienes se debe gestionar y motivar adecuadamente (Amambal y Huatay, 2018).

Es preciso destacar que el TPM posibilita establecer una diferenciación entre la empresa y su competencia, ya que el impacto en la reducción de costos por mantenimiento

influye positivamente en la fiabilidad de suministros, optimiza los tiempos de respuesta, genera mayor conocimiento en los miembros de la empresa, además de garantizar la calidad de los productos terminados y servicios brindados. (Amambal y Huatay, 2018).

2.2.2. Gestión de mantenimiento

Hoy en día, el valor que se otorga a las áreas de mantenimiento es bajo, debido a que los ejecutivos rara vez prestan atención a elementos como este, que son críticos para el éxito de los negocios. En concreto, esto se debe a que se preocupan por resolver los problemas que se presentan día a día, por lo que no tienen tiempo para reflexionar respecto a los resultados generados en el área de mantenimiento. (Gondres et al., 2018).

En consecuencia, se incurre en grandes costos de interrupción de la producción, costos de reparación o reemplazo de piezas y costos de producción que no cumplen con los requisitos del producto. Al sumar la presión a largo plazo que ejerce la globalización sobre la determinación de los precios, la rentabilidad de las organizaciones se reduce. Frente a esto, surge la necesidad de gestionar con liderazgo las actividades de mantenimiento, a través de la planificación y programación, para lo cual se requiere aplicar un mantenimiento preventivo acompañado de una auditoría de la cadena de suministro y, lo más importante, administrando los datos técnicos de los procesos con el objetivo de analizar el estado real de la empresa y la toma de decisiones que sean pertinentes, siendo esto a lo que se denomina gestión de mantenimiento. (Gondres et al., 2018).

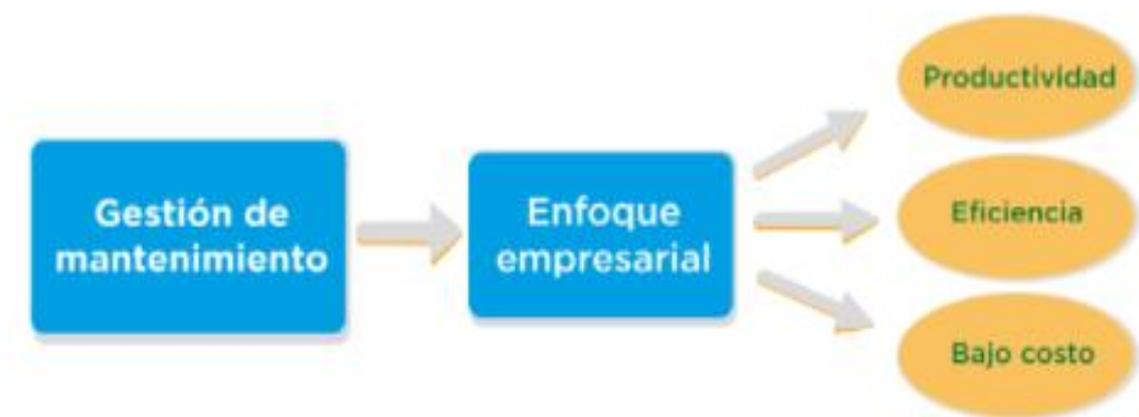


Figura 1. Implicancias de la gestión de mantenimiento.
Fuente: CMMS (2021).

De acuerdo con Rodríguez, citado por Amambal y Huatay (2018), existen diversos factores que guardan relación estrecha con el mantenimiento, y que tienen dependencia considerable con la gestión de este proceso:

- Efectividad de equipos de apoyo y prueba, disponibilidad y fiabilidad de equipos de prueba, utilización de estos, acciones minuciosas de la prueba del sistema, entre otros.
- Probabilidad y respuesta de aprovisionamiento respecto a un repuesto que se requiere, niveles de inventario, tiempo de demora de entrega de determinados elementos.
- Tiempo requerido de transporte entre las distintas instalaciones destinadas a mantenimiento.
- Disponibilidad y utilización de las instalaciones destinadas a acciones de mantenimiento.

Según Alva (2019), la gestión de mantenimiento engloba las siguientes actividades (Figura 2):



Figura 2. Etapas de la gestión de mantenimiento.
Fuente: CMMS (2021).

a) Planeamiento

Según Viscaíno et al., (2019), la planificación es un proceso que consiste en establecer los objetivos y metas que desea alcanzar la empresa al aplicar la gestión de mantenimiento, además de incorporar estrategias que contribuyan a lograr las metas trazadas.

Por su parte, Guerra y Montes de Oca (2019), afirman que el proceso de planificación implica supervisar las condiciones de los equipos utilizados en el proceso productivo, a fin de evaluar si estos requieren de mantenimiento a corto plazo. Cabe resaltar que las decisiones de este proceso sientan sus bases en factores como mano de obra, disponibilidad de mano de obra, herramientas y recursos.:

b) Ejecución

El proceso de ejecución consiste en realizar las actividades establecidas en el proceso de planificación del mantenimiento. Asimismo, se considera la programación, es decir, el tiempo y recursos estimados para efectuar las tareas de mantenimiento programadas, por lo que se debe considerar la disposición de tiempo de inicio y término de cada actividad, así como los recursos humanos que se han de necesitar. (Guerra y Montes de Oca, 2019).

c) Resultados después del mantenimiento

Esta etapa hace referencia a los datos recolectados durante el proceso de mantenimiento. Una vez acopiados, se seleccionan los datos que involucran ocurrencias determinantes en el mantenimiento, como aquellas áreas que incurren mayor costo de mantenimiento, tiempo excesivo de actividad de mantenimiento, entre otros. (Viscaíno et al., 2019).

d) Control del mantenimiento

El control de mantenimiento consiste en realizar un seguimiento a los activos (equipos y maquinarias), evaluando si estos operan de manera adecuada, tal como indican los parámetros establecidos. Al respecto, Guerra y Montes de Oca (2019), afirman que todo proceso de mejora debe basarse en los datos e información recopilada, por lo que el proceso de control tiene como misión analizar la aplicación de las fases previas de mantenimiento, considerando métricas e indicadores.

2.2.3. Teoría de molienda

El proceso de molienda representa la última etapa del proceso de fragmentación, este último hace referencia a la acción de reducir el tamaño de un material, siendo un proceso que engloba diversas operaciones que tienen como finalidad dividir los cuerpos sólidos mediante acciones físicas externas. (Torres et al., 2017).

Ley de granulometría

Las leyes de granulometría engloban por la analogía existente entre los estados de fragmentación que se evidencian en las curvas granulométricas. Estas últimas, se conceptualizan como aquellas curvas que, en las ordenadas, brindan los porcentajes acumulados de rechazo respecto a un material cuyo grano tiene una dimensión mayor o menor, respecto a la dimensión otorgada en la abscisa para ese porcentaje específico. (Salazar y Lozada, 2018).

Entre las leyes de granulometría de mayor difusión, tal como señala Pérez et al. (2009), se encuentra la ley de Gaudin y Schumann, expresada en la siguiente fórmula:

$$W_d = 100 \times \left(\frac{d}{k_{100}} \right)^\alpha$$

Donde:

W_d : Porcentaje del material que atraviesa por la malla de abertura (d), expresada en mm.

k_{100} : Abertura de malla por la que atraviesa la totalidad (100%) del material fragmentado.

Cabe destacar que la ley de Gaudin y Schumann, se cumple únicamente cuando los valores de W_d se encuentran entre 0% a 80%, por lo que se debe cumplir con este rango de referencia para su aplicación. (Pérez et al., 2009).

Leyes energéticas

Las leyes energéticas permiten determinar la cantidad de energía que se requiere para realizar una operación específica de fragmentación, siendo las principales leyes las siguientes:

a) Ley de Rittinger

Según Mendoza (2019), esta ley señala que el área de la nueva superficie generada por el proceso de molienda es directamente proporcional al trabajo útil efectuado; en otras palabras, la fragmentación resulta proporcional a la suma de las superficies nuevas generadas. Cabe señalar que esta ley se aplica únicamente en el proceso de fragmentación de partículas fina.

La ley de Rittinger se expresa en la siguiente ecuación:

$$W = K \times \left(\frac{1}{d} - \frac{1}{D} \right)$$

Donde:

W : Energía consumida en el proceso de molienda.

K : Coeficiente

d(D): Dimensión de las partículas previo y posterior al proceso de reducción o fragmentación.

b) Ley de Kick

La ley de Kick afirma que el trabajo que se requiere resulta directamente proporcional respecto a la reducción de volumen entre las partículas previo y posterior al proceso de molienda. Es preciso señalar que esta ley se aplica únicamente a la molienda de partículas gruesas. (Mendoza, 2021).

Matemáticamente, tal como señala Mendoza (2021), esta ley se expresa mediante la siguiente función:

$$W = K' \times \log \left(\frac{D_{80}}{d_{80}} \right)$$

Donde:

W : Energía consumida en el proceso de molienda.

D80 (d80) : Dimensión de abertura de malla por la que atraviesa el 80% de los elementos fragmentos.

d80 : Dimensión de abertura de malla por la que atraviesa el 80% de los elementos de alimentación.

c) Ley de Bond

Según Mendoza (2021), la ley de Bond, planteada en 1951, sustenta que el trabajo consumido resulta proporcional a la nueva longitud de fisura generada mediante la rotura de las partículas, puesto que, al crearse la fisura, la roca se parte.

$$W = 10 \times w_i \times \left(\frac{1}{\sqrt{d_{80}}} - \frac{1}{\sqrt{D_{80}}} \right) \left(\frac{kW \cdot h}{sht} \right)$$

Donde:

W : Trabajo consumido en el proceso de molienda.

wi : Índice de Bond

sht: 0.907 toneladas

Respecto al índice de Bond hace referencia a la capacidad de fragmentación de los materiales, por lo que se concibe como el número de kW/h, por tonelada corte, que se requieren para reducir, teóricamente, un material de dimensión finita, a un tamaño d80 que constituye a 100 µm. (Mendoza, 2021).

En este marco, Bond realiza una combinación de las teorías señaladas (teoría de Rittinger y teoría de Kick), introduciendo una diferencia respecto a la calidad del valor de tamaños, así como el índice de trabajo independiente para cada material sometido al proceso de molienda, ya que la energía que se requiere para la trituración de las partículas, tiene una relación proporcional a la longitud de la grieta que se genera de manera previa a la rotura de la partícula, y esto resulta proporcional, a su vez, a los cinco medios del diámetro de la partícula. (Pinto, 2021).

Máquinas de molienda

El proceso molienda, como se evidencia en la Tabla 1, se efectúa utilizando molinos, los cuales pueden trabajar el material en estado seco o húmedo.

Tabla 2.

Proceso de fragmentación.

Proceso	Etapas	Tipo de equipo
Fragmentación	Trituración	Máquinas trituradoras
	Molienda	Molinos

Fuente: Blanco (2017).

Entonces, el proceso de molienda se efectúa utilizando molinos, los cuales incorporan martillos que pueden permanecer fijos u oscilantes en el equipo, se montan bajo un eje de rotación, y disponen de una malla mediante la cual atraviesa el material. (Ortega, 2005).

Estos molinos pueden efectuar tres acciones para reducir el tamaño del elemento: cortar los bordes del material, provocar la explosión del material a consecuencia del impacto del martillo sobre este y aplicar acciones de rozadura o frotamiento que contribuyan en la reducción. (Blanco, 2017).

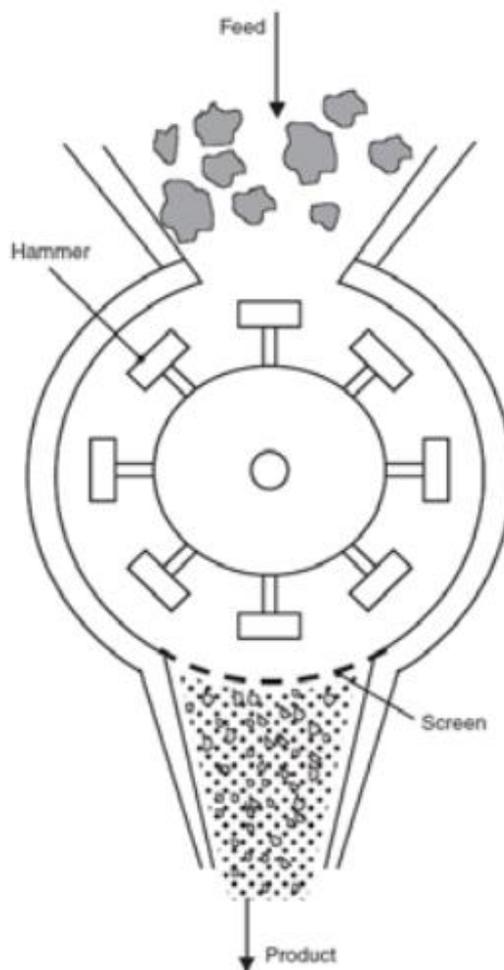


Figura 3. Molino de martillos utilizado para el proceso de molienda.
Fuente: Ortega (2005).

Es preciso subrayar que la finura de la molienda depende del equipo a utilizar, por lo que se deben considerar los datos señalados en la Tabla 2.

Tabla 3.

Tipo de molinos según el tamaño final del material.

Rango de reducción	Equipo (nombre genérico)	Tipo de equipo
Fino y ultrafino	Ultrafine grinders (molinos ultrafinos)	Molino de martillo
		Molino de bolas
Fino e intermedio	Mills o grinders (molino de finos)	Molino de martillo
		Molino de rodillos
		Disco de atrición
Intermedio y grueso	Crushers (molinos gruesos)	Molino de rodillos

Nota. Ortega (2005).

Disponibilidad de equipos de molienda

a) Confiabilidad

Según Campos et al. (2019), la confiabilidad es la capacidad de un elemento, equipo, sistema o máquina para realizar una función específica dentro del alcance de un proyecto, de acuerdo con las condiciones de operación, durante un período de tiempo específico. Es decir, por confiabilidad se espera que el equipo o sistema funcione correcta y adecuadamente, dentro de los límites de una operación predeterminada durante el período de tiempo previsto.

En este sentido, como señalan Espinosa et al. (2020), la confiabilidad de la gestión del mantenimiento se mide en términos del porcentaje o probabilidad de operación adecuada de los elementos en la línea de producción. Esta evaluación se lleva a cabo mediante el análisis de datos, que incluye el historial de rendimiento del equipo o sistema, así como una predicción cualitativa de operaciones futuras, a fin de garantizar que sus funciones se llevan a cabo correctamente.

b) Mantenibilidad

La mantenibilidad, según Buenaño et al. (2019), se define como una característica propia e inherente en determinado elemento, y se relaciona con la capacidad de que pueda ser restaurado a un estado que posibilite la realización de sus funciones, en función de su

diseño y objetivo de fabricación, para lo cual se realizan tareas específicas de mantenimiento.

La mantenibilidad se mide mediante el Mean Time Through Repair (MTTR), traducido al español como Tiempo Medio Entre Reparaciones, indicador que representa el tiempo promedio que toma reparar o dar servicio a una máquina debido a problemas mecánicos. Por lo tanto, muestra la cantidad de tiempo que la máquina ha estado en estado de reparación, es decir, en estado de inoperatividad durante el proceso de producción, proporcionando información sobre cómo gestionar adecuadamente la planificación y ejecución de los servicios, incluyendo al departamento de logística entre otros departamentos de la organización que se involucran en la gestión de recursos. (Amambal y Huatay, 2018).

Entonces, tal como señalan Espinoza (2018), el MTTR es un indicador orientado a medir el tiempo estimado de parada de un equipo para su reparación, el cual se obtiene mediante la siguiente función:

$$MTTR = \frac{\sum TTR}{\# \text{ de fallas}}$$

Donde:

TTR : Tiempo de inactividad de un equipo debido a fallas.

Cabe señalar que el valor óptimo del MTTR se debe encontrar entre las 3 a 6 horas, ya que si se obtiene un valor menor o igual a 3 horas significa que existe un alto porcentaje de reparaciones que no han sido programadas; mientras que, si el MTTR resulta mayor a 6 horas, se puede afirmar que el proceso de reparación es ineficiente o existe un exceso de tiempo de demora. (Amambal y Huatay, 2018).

Disponibilidad de equipo

La disponibilidad, según Altamirano (2021), se define como la magnitud estadística que hace referencia al rango de posibilidad que un dispositivo o sistema se encuentre en condiciones óptimas para la realización de sus actividades en cualquier momento. Es decir, la disponibilidad se enfoca en evaluar la probabilidad que existe del adecuado funcionamiento de un equipo en un instante determinado, permitiendo la realización de las actividades productivas.



Figura 4. Factores que inciden en la disponibilidad.
Fuente: Altamirano (2021).

En la Figura 4, se puede evidenciar los factores que inciden en la disponibilidad de los equipos, siendo la complejidad un aspecto determinante, puesto que cada equipo requiere de un nivel técnico específico de mantenimiento; mientras que, la especialización de la mano de obra que opera el equipo, así como las herramientas del proceso, son factores que pueden obstaculizar el proceso de mantenimiento.

Para determinar este indicador, se analiza el Mean Time Between Failures (MTBF), traducido al español como tiempo medio entre fallas, que representa el tiempo promedio en que un equipo funciona sin presentar fallas o el tiempo promedio que un equipo funciona óptimamente en función de su diseño; es decir, mediante su cálculo se pretende determinar el tiempo promedio que pasa entre una falla y la presencia de la siguiente. (Amambal y Huatay, 2018).

Para obtener este valor, Amambal y Huatay (2018), destaca la siguiente fórmula:

$$MTBF = \frac{\sum TBF}{\# \text{ de fallas}}$$

Donde:

TBF : Tiempo productivo o tiempo entre fallas, representado en horas.

Cabe señalar que el TBF se obtiene mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$TBF = \text{tiempo disponible} - \text{tiempo de inactividad por fallas}$$

Aunado a lo anterior, es importante determinar la disponibilidad, parámetro que permite medir la capacidad limitante del proceso de producción, y se define como la probabilidad de que un equipo se encuentre en condiciones óptimas para producir en un periodo de tiempo determinado, es decir, que no integra paradas por fallas o averías. (Espinoza, 2018).

Para determinar la disponibilidad, Espinoza (2018), presentan la siguiente fórmula:

$$D\% = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Donde:

MTBF : Tiempo medio (promedio) entre fallas.

MTTR : Tiempo medio (promedio) entre reparaciones.

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

a) Calidad

Conjunto de propiedades inherentes en un elemento que contribuyen en su valor, diferenciándola de sus semejantes. (Diccionario de la Lengua Española, 2014).

b) Confiabilidad

Capacidad de un equipo para realizar una función específica dentro del alcance de un proyecto, de acuerdo con las condiciones de operación durante un período de tiempo específico. (Campos et al., 2019).

c) Disponibilidad

Magnitud estadística que hace referencia al rango de posibilidad que un dispositivo se encuentre en condiciones óptimas para la realización de sus actividades en cualquier momento. (Altamirano, 2021).

d) Gestión de mantenimiento

Conjunto de operaciones que se realizan con el fin de asegurar la continuidad del proceso operativo de una organización, con el objetivo de evitar retrasos de producción, así como averías en equipos. (Gondres et al., 2018).

e) Mantenibilidad

Característica propia e inherente en determinado material, y se relaciona con la capacidad de que este pueda ser restaurado a un estado que posibilite la realización óptima de sus funciones, en función de su diseño y objetivo de fabricación. (Buenaño et al., 2019).

f) Mantenimiento

Conjunto de actividades que permiten ampliar la vida útil de los equipos que intervienen, principalmente, en el proceso productivo, siendo su principal finalidad evitar pérdidas por paradas no programadas, además de reducir los costos de producción y lograr que los productos fabricados tengan una calidad óptima. (González et al., 2018).

g) Molienda

Proceso de fragmentación, consiste en reducir el tamaño de un material, siendo un proceso que engloba diversas operaciones que tienen como finalidad dividir los cuerpos sólidos mediante acciones físicas externas. (Torres et al., 2017).

h) Planeamiento

Proceso que consiste en establecer los objetivos y metas que desea alcanzar la empresa al aplicar la gestión de mantenimiento, además de incorporar estrategias que contribuyan a lograr las metas trazadas. (Viscaíno et al., 2019).

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1. MÉTODO Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

Los métodos empíricos se basan en la experiencia en el contacto con la realidad; es decir, se fundamenta en la experimentación y la lógica que, en conjunto a la observación de fenómenos y su análisis estadístico, son los métodos más utilizados en el campo de las ciencias sociales y en las ciencias naturales.

El proyecto de investigación se desarrollará con el método empírico, ya que se utilizará la observación y se formulará una hipótesis para luego realizar el experimento y finalmente llegar a una conclusión, mediante el análisis estadístico de las variables de estudio. El proyecto tiene un alcance que abarca solo el diseño de una propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento en el área de molienda para aumentar la disponibilidad de los equipos de una planta concentradora de cobre

3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación es no experimental, debido a que no se manipularán variables, verificando la hipótesis descriptiva planteada, ya que se evaluó el proceso de molienda y se analizaron las respuestas dadas por personal que trabaja en el área, logrando obtener la mayor cantidad de datos posibles y así poder diseñar una propuesta de mejora adaptada a las necesidades de la planta concentradora.

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.3.1. Población

La población se define como la totalidad del fenómeno a estudiar, donde las unidades de población poseen características en común las cuales se estudian y dan origen a los datos de la investigación.

La muestra estuvo formada por 5 residentes encargados del área de mantenimiento y como unidad de estudio se tomó al proceso de la molienda.

3.3.2. Muestra

La muestra es una parte significativa o representativa de la población, la cual contiene las características que definen a la población. En esta investigación la muestra será igual a la población.

3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Las técnicas utilizadas para la realización de la investigación fueron la observación y la encuesta y como instrumentos se emplearon la ficha de observación y el cuestionario.

Tabla 4.

Técnicas e instrumentos

Técnica	Instrumento
Observación	Ficha de recojo
Encuesta	Cuestionario

CAPÍTULO IV.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DIAGNOSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

4.1.1. Descripción del proceso

En esta descripción del proceso de captación de cobre, tomaremos como referencia el circuito de extracción de la unidad minera de Antapaccay- de la compañía GLENCORE PERÚ. Se tiene en cuenta que su proceso y objetivo de las plantas concentradoras son las mismas en que se pueda extraer la mayor cantidad y mejor calidad de cobre. Siendo estas en el plan de investigación en mejorar la disponibilidad de los equipos del área de Molienda, comprende varias áreas de la planta que en sus procesos de manera secuenciada se puede obtener el concentrado de cobre.

Tomando como referencia adicional, son minas de tajos abiertos donde el inicio de estas actividades comienza en el área de minado una de las partes principales de la unidad minera siendo este el tajo llamado según su ubicación y según su sea su hallazgo, por ejemplo, de la compañía CHINALCO el tajo es llamado Toromocho, el tajo de la unidad minera de GLENCORE PERÚ llamado Antapaccay. En la unidad minera de FREEPORT MACMORAN Los tajos Santa Rosa, Cerro Verde, Cerro Negro, teniendo este inicio ya claro por la denominación del tajo en diferentes unidades mineras establecidas en el Perú, fuentes de ingreso de miles de familias de manera directa e indirecta, generando movimiento económico en diferentes especialidades aportantes al funcionamiento de cada compañía, según sea su ubicación por ejemplo desde transporte, alimentación, vestimenta, venta de Epp's, prestación de servicios de diferentes rubros, siendo estas compañías muy importantes en la economía nacional del Perú.

A continuación, en una descripción literal, iniciamos brevemente con una descripción por áreas en la captación del concentrado de Cobre y sus diferentes equipos involucrados en este proceso de una planta concentradora de cobre, donde las variaciones que tengan en una unidad minera a otra unidad minera son las distancias y la capacidad de cada equipo, siendo el objetivo principal la máxima extracción de cobre y el equipo este a su 100% de capacidad de captación:

- **Área de Minado**

La extracción del mineral es a tajo abierto, alimenta a toda la planta concentradora, este de tajo utiliza equipos de gran tamaño como son las palas mecánicas, camiones mineros, camiones con tanques de agua, equipos de exploración; llega a tener unos taludes con ángulos adecuados a tener bermas y desniveles adecuados para el tránsito de los equipos pesados involucrados en la extracción del mineral, para poder ser trasladado al primer equipo de acopio y reducción de tamaño del mineral extraído del tajo.

- **Área de Chancado Primario**

Se inicia su proceso en el alimentador de la chancadora Primaria (puede variar en sus dimensiones, la más común es una chancadora cónica giratoria de 60" x 113") equipo diseñado para reducir el tamaño de mineral que viene en muchas dimensiones, donde la chancadora las rocas grandes y soporte del romper rocas completan el proceso de chancado en reducir el tamaño del mineral a un tamaño de 7" donde es acopiado en una cámara de alimentación distribuido por él alimentador de placas Apron Feeder, transportado a una faja inicial denominada la faja de sacrificio, encargada de alimentar a una faja overland por intermedio de un chute de transferencia y distribuido por el chute de arrastre, esta faja transportadora alimenta el Stock pile que alimenta a los alimentadores para el área de Molienda.

- **Área de Molienda**

El área de molienda tiene varios equipos, detallamos la planta concentradora de Antapaccay con lo siguiente:

- En el inicio de esta área en la que vamos a realizar la investigación, detallamos el proceso de captación de cobre ay que tiene la finalidad de reducir el tamaño de mineral con soporte de su molino SAG y su Molino de Bolas y clasificado con hidrociclones, alimentado este circuito por bombas que completan el proceso del área de molienda.
- Es alimentada por 04 alimentadores 04 Apron Feeder, que se encargan de alimentar al Molino SAG, transportando el mineral por una faja transportadora, alimentando directamente al Feed Chute alimentador del Molino SAG encargado de la trituración del mineral, separando el mineral como parte de su proceso distribuido por los Deflectores dirigido al Trommel quien se encarga de separar la carga al chute de finos y al chute de gruesos por el Trommel en donde la carga más fina se dirige al cajo SUL esta

alimenta a las Bombas Warman para dirigirlas a los Molinos de Bolas, la carga del chute de gruesos del Trommel se dirige a la zaranda vibratoria, encargada de la última separación del material procesado por el molino SAG, en el cual realiza la separación de la carga Fina al chute de finos de la zaranda dirigida al Cajón SUL, la carga Gruesa al chute de descarga dirigida al área de PEBBLES para el proceso de chancadoras secundarias.

- En el Cajón SUL, la carga procesada es bombeada al circuito de Hidrociclones encargados de la última separación, donde la carga más fina se dirige a los cajos TDI alimentadores a las celdas de Flotación y la carga gruesa a su último proceso con la alimentación a los Molinos de Bolas, encargados de la última trituración descargados a chutes de descarga juntos y alimentados al Cajo Central alimentando al Cajo SUL, estos a su vez una vez más para cerrar el circuito cerrado alimentan por intermedio de las Bombas Warman a los Hidrociclones que realizan la misma función ya mencionada anteriormente.
- En el área es alimentada por la Planta de CAL esta misma para la neutralización en el proceso.
- En el área también es alimentada por agua de procesos encargada de hacer la mezcla y mantener un proceso constante en la trituración del mineral en la etapa de la molienda del mineral.

- **Área de PEBBLES**

En esta área se realiza el último proceso de chancado en seco de las partes del mineral que no pudieron ser trituradas por el Molino SAG. Las chancadoras son de marca MP-800 METSO las encargadas de realizar la trituración a 13 mm. para nuevamente pasar por el Circuito del Molino SAG anteriormente mencionado, en este proceso, de la misma manera cada chancadora del área de Pebbles, es alimentada por alimentadores de faja con el soporte de 02 fajas transportadoras, así mismo, una vez triturada esta alimenta a la faja que alimenta al chute de alimentación del molino SAG.

- **El área de Flotación**

El área de Flotación es encargada de la captación de cobre con celdas modelo WENCO de aire asistido de marca Flsmidth, reforzadas por las celdas de flotación Door Oliver. En esta etapa con el soporte de floculantes, se capta el cobre por intermedio de burbujas, donde la última captación se realizan en las celdas columna, esta captación

alimentan a los espesadores de cobre y también alimentan a los espesadores del relave producido en toda la etapa de captación, en las últimas filas de limpieza se realizan una última captación y selección final de captación con el soporte de un molino Vertimill y en este proceso lo denominan Remolienda, donde se hace la última captación y a su vez la limpieza de mineral, aportando solo los sólidos para los espesadores de relaves.

- En esta etapa en los espesadores de relaves, respetando todos los protocolos de medio ambiente, realizamos en la poza de relaves la separación del sólido final y la recuperación del agua de procesos enviada a la Planta de tratamiento para poder nuevamente reutilizar el agua que soporta el proceso de captación de cobre.

- **Área de Filtros**

El área de filtrado más conocido como el área de secado del concentrado de cobre, se encarga de quitar la mayor cantidad de humedad del concentrado de cobre con el soporte del equipo de un Filtro prensa, el mineral es transportado a través de una faja transportadora, que pasa por una balanza antes de su acopio final y así poder cantidad de mineral listo para su envío.

Tener en cuenta en esta etapa que el producto terminado, pasa por una balanza donde se estima la cantidad de concentrado de Cobre que la planta está produciendo por día, tomando de data estadística del producto final para su siguiente proceso de despacho a refinería.

- **Área de Despacho a Puerto**

En esta área se almacena todo el mineral procesado por día, con el soporte del cargador frontal se llenan los camiones encapsulados que llevan en flotas de varios camiones el mineral a los contenedores de puerto, estos siendo ya vendidos o transportados a refinерías terminando de esta manera el proceso de captación de cobre de determinadas zonas del Perú, según lo expuesto se pudo ver que se genera trabajo de manera directa y de manera indirecta a muchas familias, brindando estabilidad económica a todas las personas naturales y personas jurídicas en este rubro que soportan una planta concentradora de cobre.

A continuación, se muestran en las siguientes figuras el diagrama del proceso de captación de cobre descrito anteriormente, al igual que el diagrama de las paradas de mantenimiento del área de molinos y parada de planta realizando el mantenimiento en el circuito de molinos.

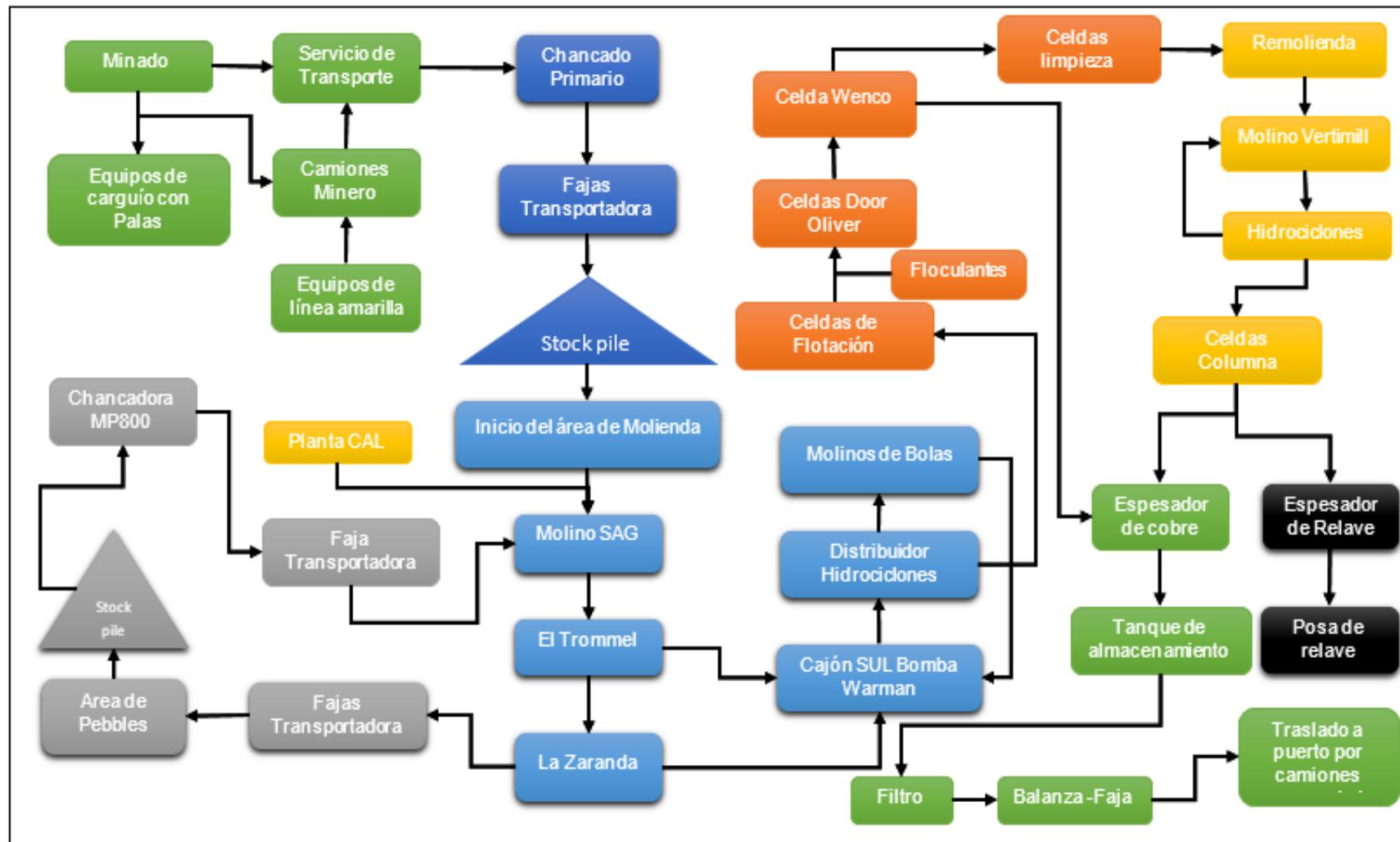


Figura 5. Descripción del proceso de la planta

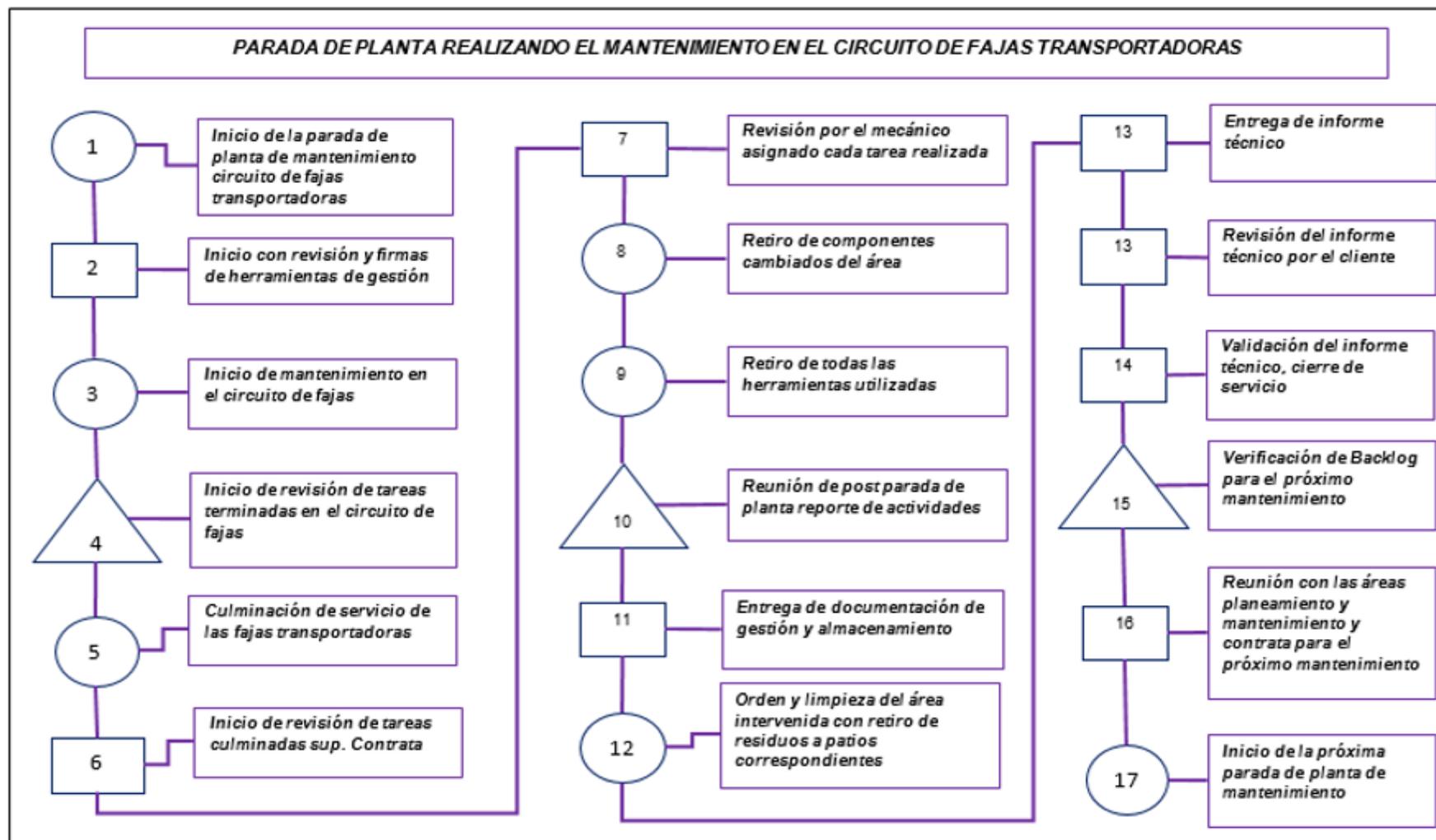


Figura 6. Descripción de las paradas de planta – circuito fajas transportadoras

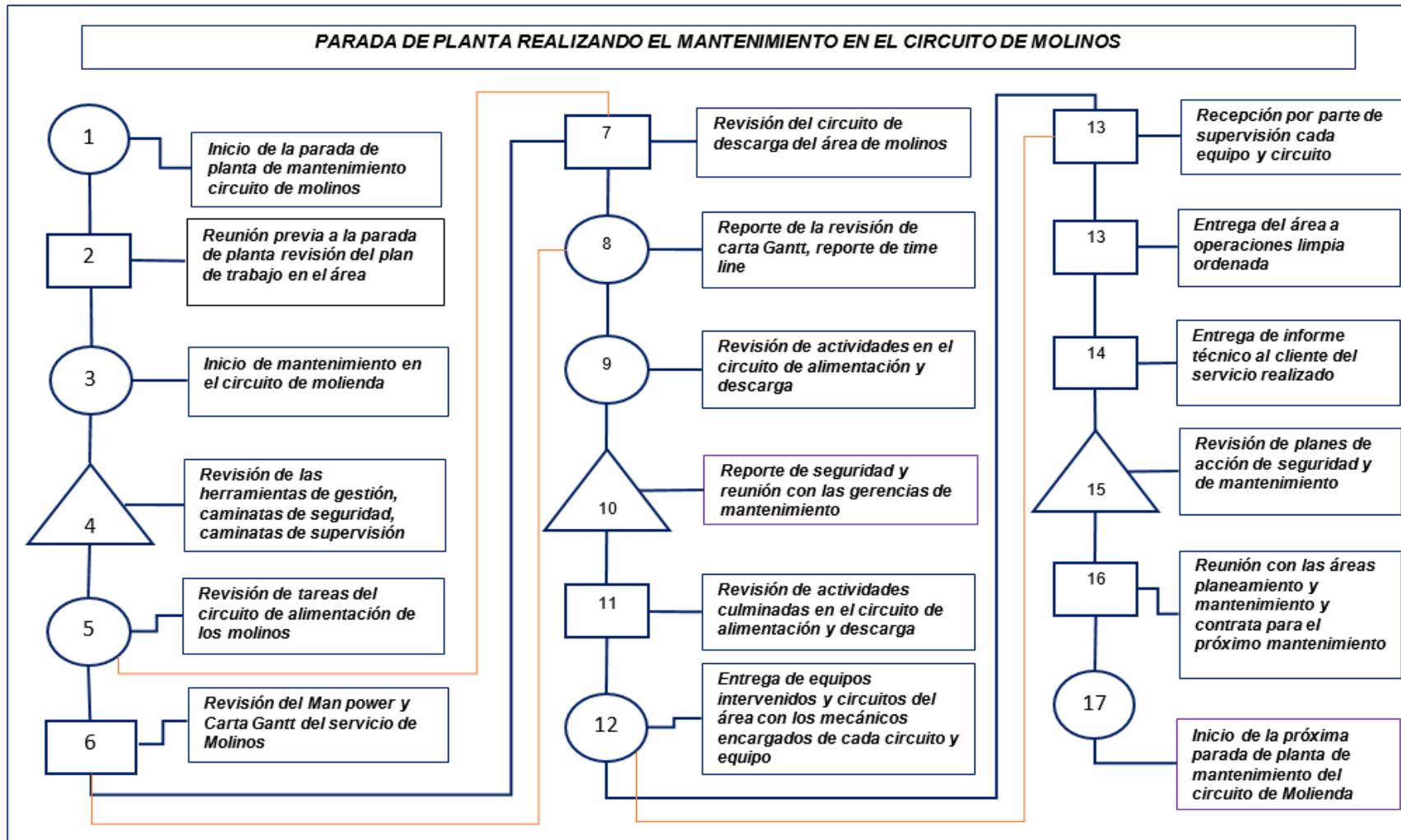


Figura 7. Descripción de la parada de planta circuito de Molinos alimentación y descarga

4.1.2. Resultados de la encuesta aplicada a los encargados de empresas de mantenimiento.

Las encuestas se realizaron a personas encargadas de la ejecución de los servicios y encargados de la gestión en los trabajos previos, durante y después del mantenimiento.

Tabla 5.

¿Cuánto tiempo llevas realizando mantenimiento de planta concentradora?

Años	f	%
0 – 4	1	20%
5 – 8	3	60%
9 – 12	1	20%
Total	5	100%

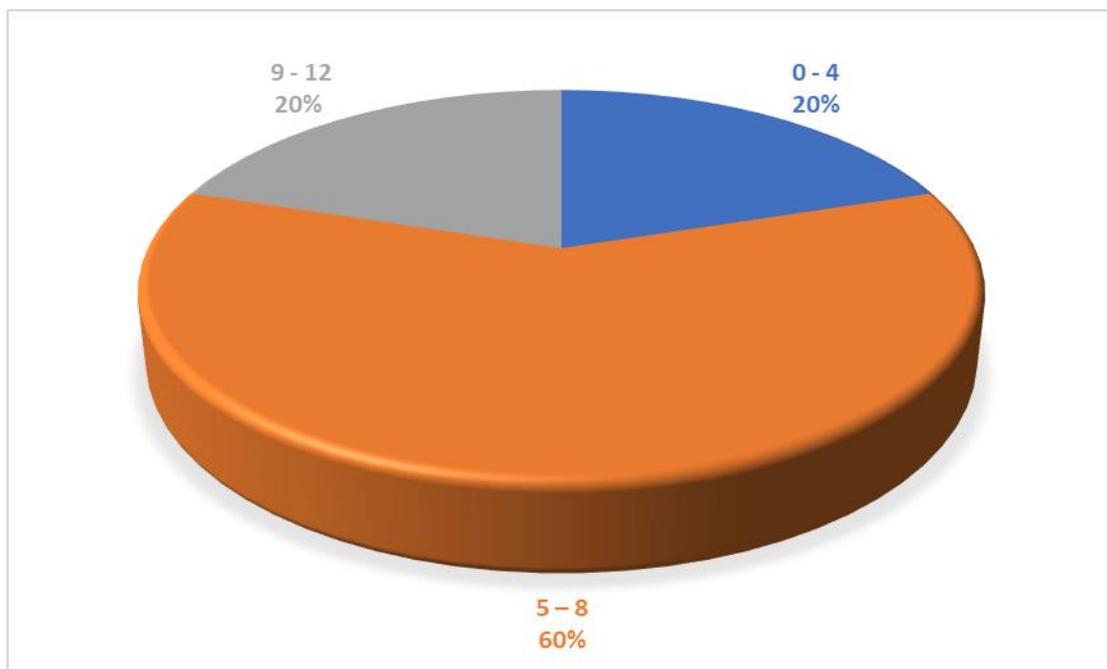


Figura 8. *¿Cuánto tiempo llevas realizando mantenimiento de planta concentradora?*

El 80% de las personas encargadas del mantenimiento tienen entre 5 y 12 años realizando esta actividad.

Tabla 6.

¿Qué problemas ha tenido en el área de Molienda?

Problemas	f	%
Falta de recursos	1	20%
Retraso en las entregas de repuestos	1	20%
Personal poco capacitado	2	40%
Falta de comunicación	1	20%
Total	5	100%

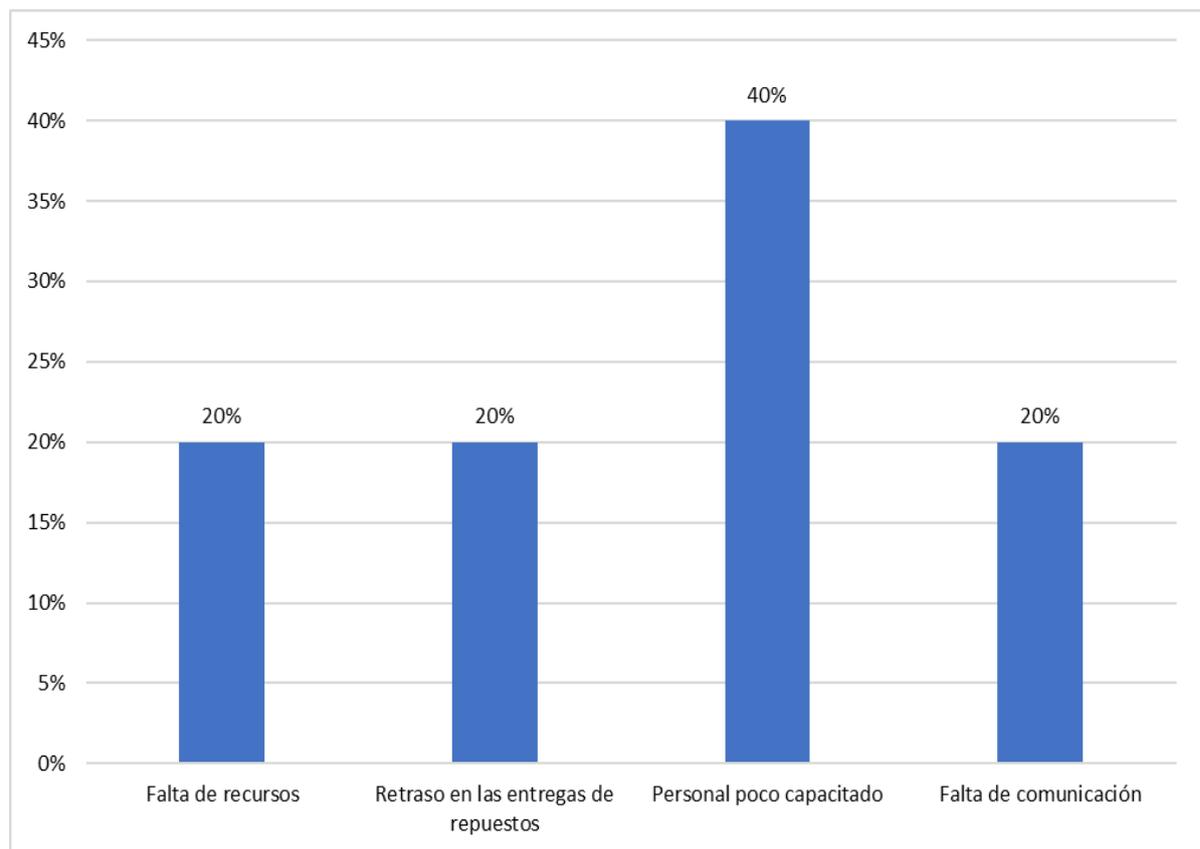


Figura 9. *¿Qué problemas ha tenido en el área de Molienda?*

El 40% de los problemas encontrados en el área de molienda, se asocian al personal poco capacitado, en un 20% se encuentran falta de recursos, retraso en las entregas de repuestos y falta de comunicación.

Tabla 7.

¿Qué deficiencias has encontrado en el área de molinos?

Deficiencias	f	%
Personal poco capacitado	1	20%
Incumplimiento de lo planificado	2	40%
Falta de personal	1	20%
Fallas en la seguridad	1	20%
Total	5	100%

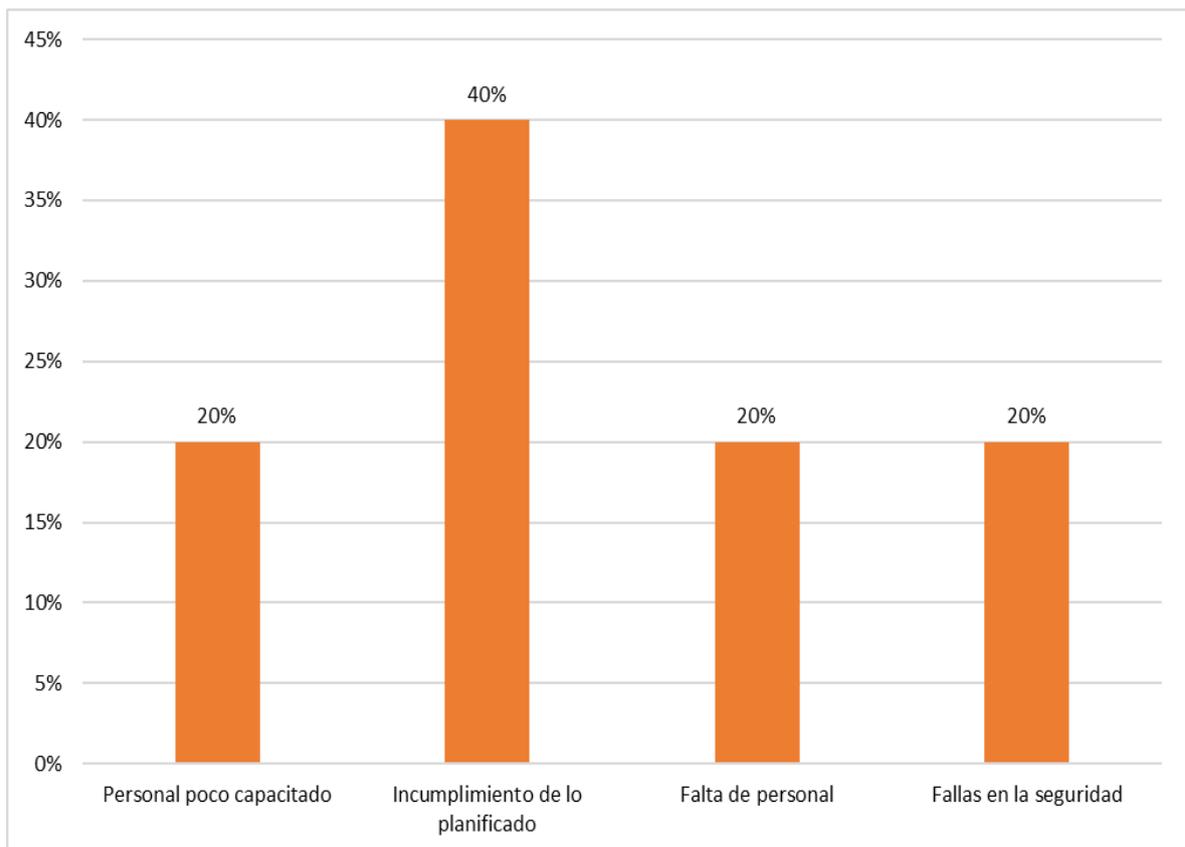


Figura 10. *¿Qué deficiencias has encontrado en el área de molinos?*

El 40% de las deficiencias encontrados en el área de molienda, se asocian al Incumplimiento de lo planificado, en un 20% se encuentran personal poco capacitado, falta de personal y fallas en la seguridad.

Tabla 8.

¿Qué área crees que tiene más problemas en la ejecución del mantenimiento?

Áreas	f	%
Almacén	3	60%
Molienda	1	20%
Chancado	1	20%
Total	5	100%

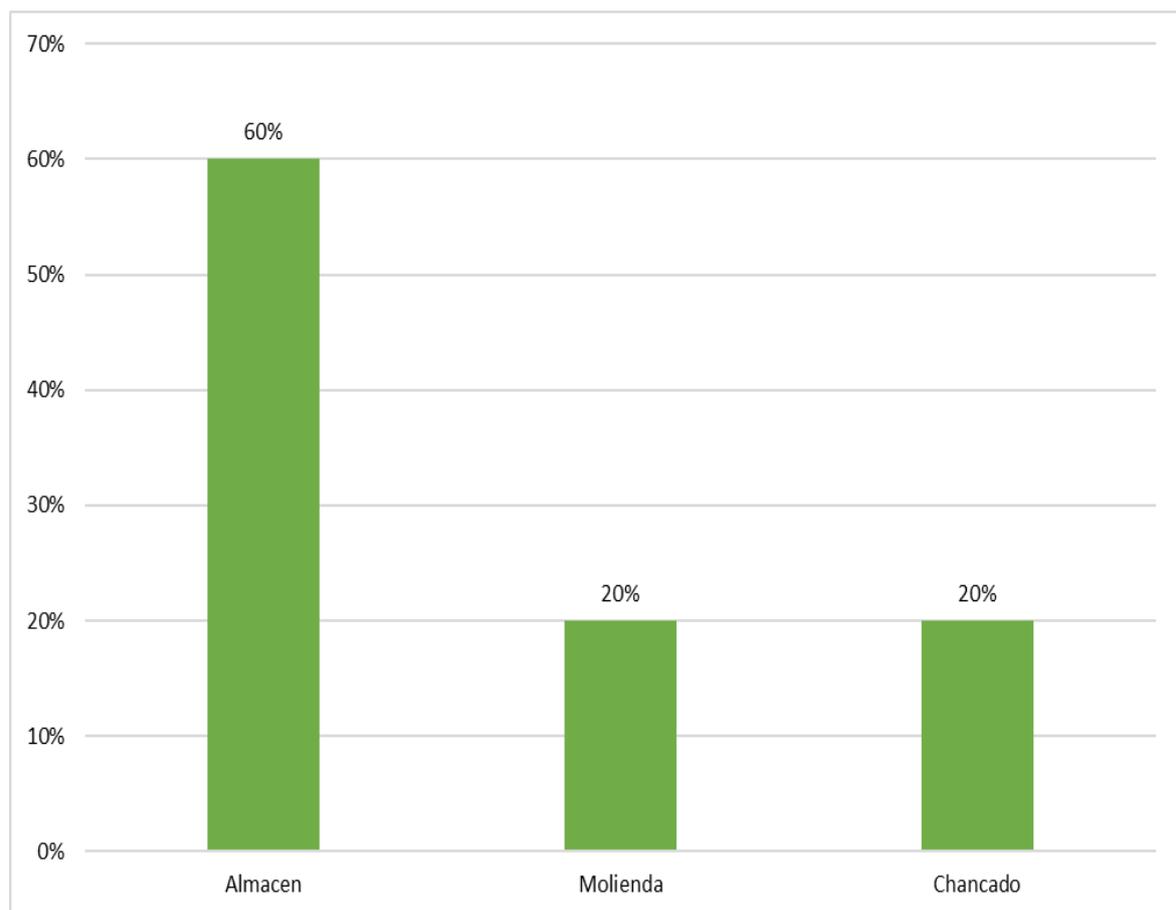


Figura 11. *¿Qué área crees que tiene más problemas en la ejecución del mantenimiento?*

El 60% de los problemas encontrados en la ejecución del mantenimiento, se asocian al almacén, en un 20% se encuentran en la molienda y en el chancado.

Tabla 9.

¿Comentarios de mejoras realizadas en los mantenimientos?

Mejoras	f	%
Capacitar al personal	2	40%
Reunión previa al mantenimiento	1	20%
Comunicación antes, durante y después de cada mantenimiento	1	20%
Mantener reportes por equipo	1	20%
Total	5	100%

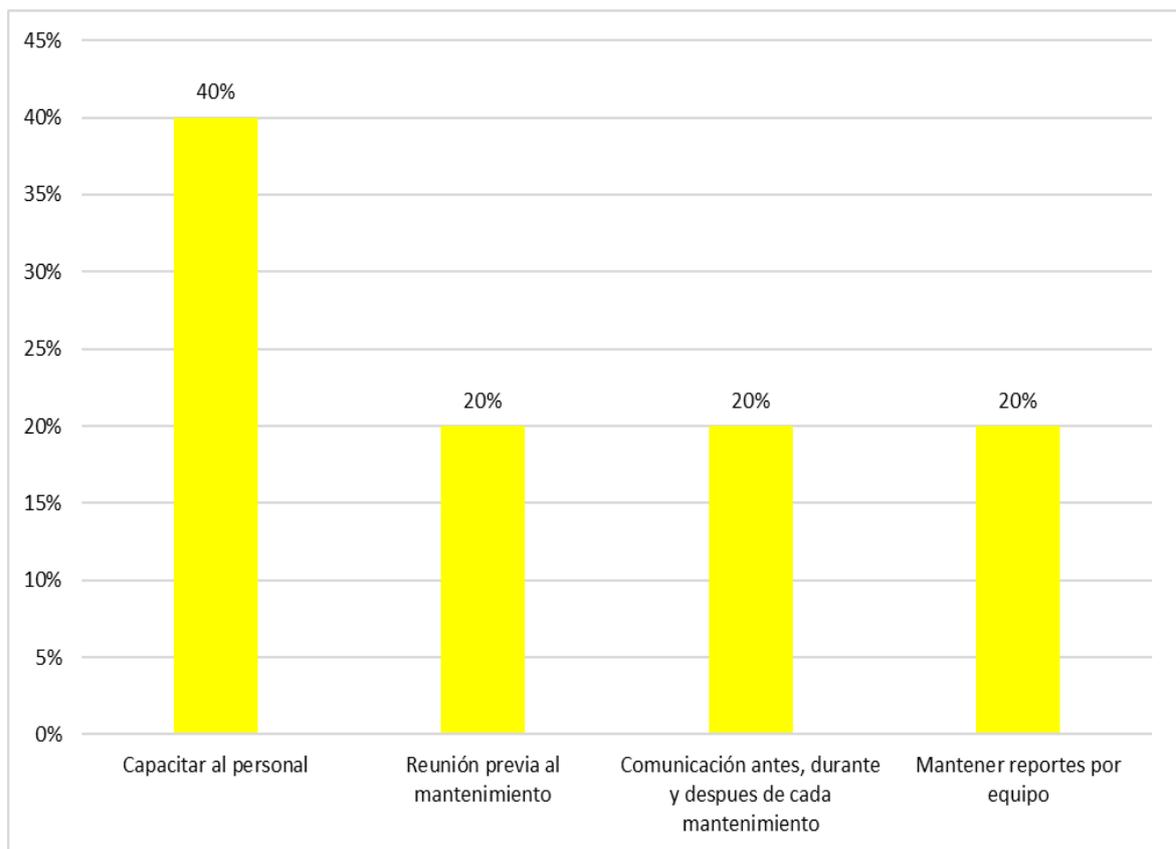


Figura 12. *¿Comentarios de mejoras realizadas en los mantenimientos?*

El 40% del personal encargado de mantenimiento, indican que para que mejoren los mantenimientos se debe capacitar al personal, el 20% indican que se deberían realizar reunión previa al mantenimiento, mejorar la comunicación antes, durante y después de cada mantenimiento y Mantener reportes por equipo.

4.2. DISEÑO DE ESTRATEGIAS

Para la definición en esta etapa en la implementación de un plan de mejora del mantenimiento de la disponibilidad de equipos en el área de molienda, se identifica los siguientes:

- Se tiene el problema de gestión de mantenimiento.
- Se tiene problemas recurrentes en los circuitos de los equipos de molienda.

En varias ocasiones se pone como referente y primer responsable al jefe del área de mantenimiento, si se tiene fallas recurrentes en el área de molienda donde se pone en discusión la calidad de la mantención realizada donde se genera muchas pérdidas económicas estas generan varias discusiones para encontrar la responsabilidad de las fallas recurrentes en el área de molienda, proponiendo el siguiente plan de mejora de mantenimiento, obteniendo como el resultado el aumento de la disponibilidad de los equipos del área de Molienda.

4.2.1. Mejora en las herramientas de Gestión de Mantenimiento

Elaborar un plan de mantenimiento adecuado a la nueva propuesta de la siguiente manera:

- Estandarizar el objetivo del mantenimiento para mejorar el índice de disponibilidad de los equipos del área de molienda.
- Realizar un nuevo plan de mantenimiento como objetivo el aumento de disponibilidad de equipos de molinos.
- Revisión de los indicadores de las fallas más recurrentes en el área que generan la disminución de disponibilidad de los equipos, en el área de molienda.
- Se determinará y se realizará la evaluación detallada de implementar un nuevo indicador de mantenimiento, o utilizar los existentes con solo tener una nueva evaluación de la ruta crítica con los repuestos y componentes de mayor rotación en el área, se evaluará los indicadores que determinan la disponibilidad y eficiencia de los equipos, para poder así determinar cómo se adecuará la mejora al plan de mantenimiento con la implementación de un grupo de predictivos abocado al levantamiento de data estadística y data de los equipos de molienda.
- Realizar un análisis de los equipos para encontrar aquellos que presentan más fallas inesperadas, los cuales estarían encabezando el listado para analizar con mas detalle, para así aplicar el plan de mejora en los equipos de menor disponibilidad, siendo ellos los que se abocaría a la mejora continua en el aumento de disponibilidad de los equipos.

4.2.2. Mejora de las Tácticas de Mantenimiento en Parada de Planta

En estas actividades de mantenimiento, podemos evaluar y verificar a detalle cómo se venían interviniendo los mantenimientos:

- **Mejora del mantenimiento preventivo en la parada de planta:**

Se integrará un grupo adicional de especialistas que días previos recopile la información necesaria, para poder afinar el plan de mantenimiento ya programado, con la única finalidad de poder verificar lo siguiente:

Utilizar la cantidad de personal adecuado para la parada de planta que sea lo necesario para todas las actividades que urgen el mantenimiento preventivo, para poder evitar paradas de equipo imprevisto.

En la verificación de los repuestos que sean necesarios para la parada de planta ya programada, con la verificación y control de calidad por el grupo de predictivo que se agregue al recurso total para las paradas de planta.

Contar con la disponibilidad de tiempo en los equipos para el mantenimiento programado.

Contar con personal adecuado para el levantamiento de información del estado en que se encuentran los equipos intervenidos en el área de molienda.

El equipo adicional que levantará la información, realizará la verificación de los repuestos de más rotación utilizados en la parada de planta.

Contar con el personal completamente capacitado y habilitado para poder realizar actividades dentro de la compañía minera.

Al tener todo el recurso y el tiempo necesario, se podrá realizar las actividades de mantención de manera correcta, garantizando la mantenibilidad de los equipos de molienda, evitando fallas no programadas, resultado concreto de la mantención de los equipos en el área de Molinos, la eficiencia en el desarrollo de las actividades programadas como conclusión de todas al 100%.

El resultado de la mantención se reflejará en el trascurso de la operación que se tendrá entre el tiempo del próximo mantenimiento preventivo, donde se reflejará o se evidenciará con ninguna parada de equipo imprevista, mejorando el control de los elementos de desgaste de mayor rotación.

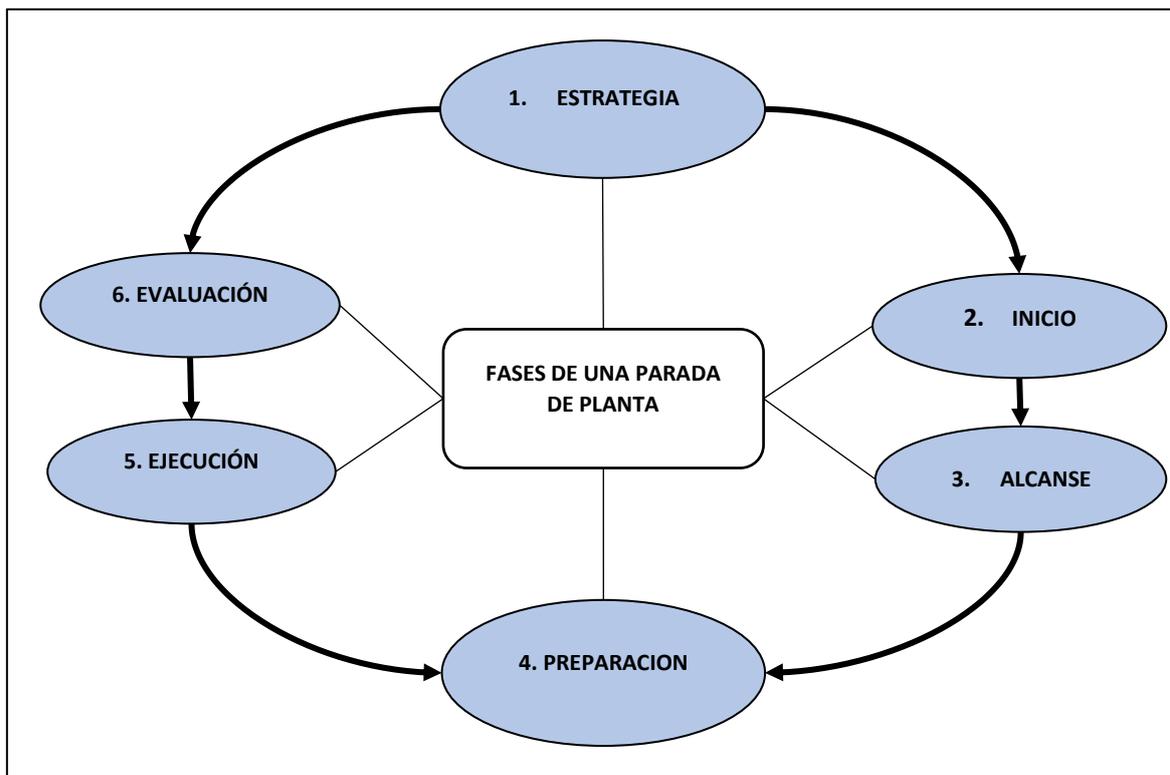


Figura 13. Mejora de una parada de planta

- **Mejora del mantenimiento predictivo:**

Es el más significativo en este plan de mejora, para que la empresa que preste servicios, soporte en esta área de mantenimiento dedicada a la mejora continua de los circuitos de los equipos del área de Molienda con la inclusión de lo siguiente:

Un grupo adicional al grupo operativo global que afronta la parada de planta, donde se encarga de ayudar a levantar inicialmente la data estadística con la que en las próximas paradas se afronte de otra manera más enfocada a priorizar las zonas críticas, para luego estabilizar los mantenimientos preventivos que se realizan en la planta concentradora.

Consolidar la data estadística con las repuestas de mayor rotación.

Aplicar y mejorar el indicador que soportará en los informes técnicos que se entregan al finalizar cada mantenimiento.

Brindar reporte previo a la siguiente parada de planta, donde en reuniones previas se establecerá y se solicitará a los proveedores de los repuestos utilizados en los equipos y circuitos del área de molinos, brinden mejora en la mayor rotación y con sustento necesario la mejora de cada uno de ellos.

Se recomendará en aplicar el indicador OEA "Overall Equipment Effectiveness" que significa eficacia global de los equipos en el área, recopilando toda la información de las

ratios de desgaste, la disponibilidad de los equipos de molienda, la calidad del producto procesado, y el rendimiento de eficiencia del equipo de molienda.

Ayudar a soportar y mejorar sus indicadores aplicados ya en la compañía en los equipos del área de molinos.

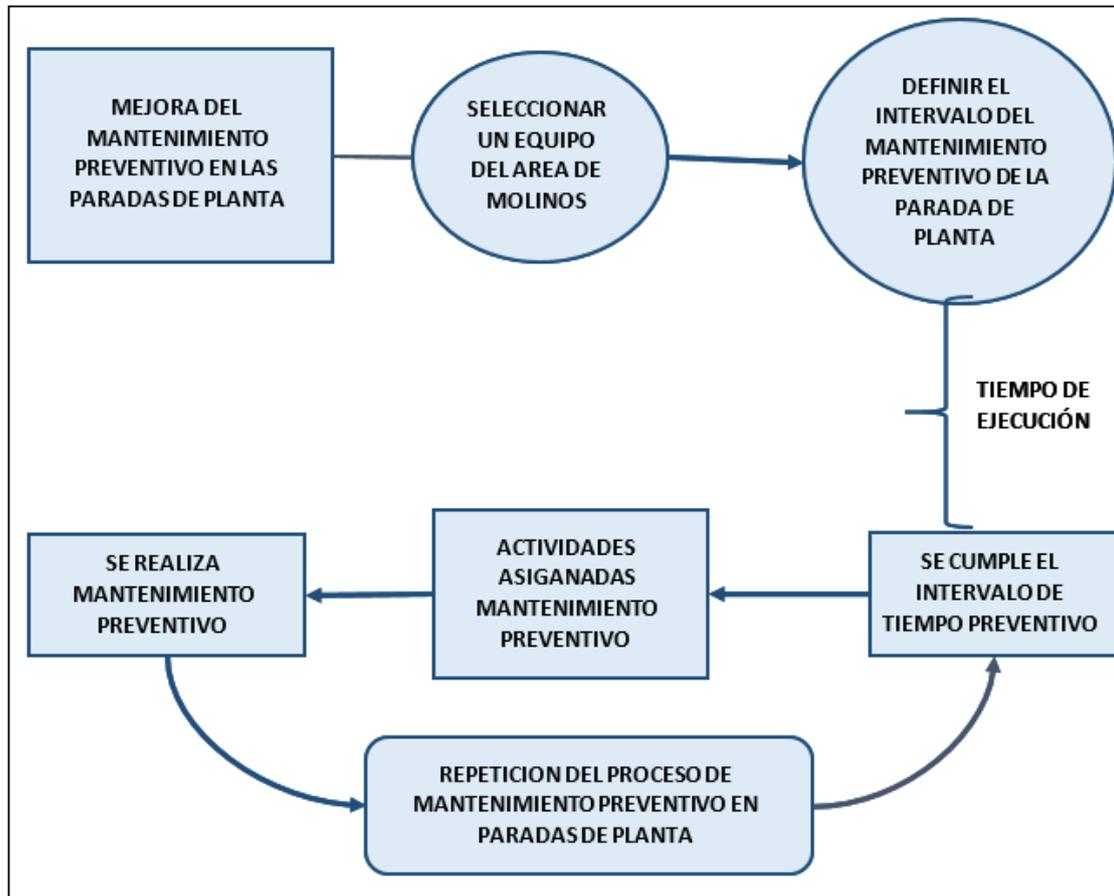


Figura 14. Mejora del mantenimiento preventivo

- **Mejora del mantenimiento con protocolos de mantenimiento de cada equipo del área de molienda.**

En conclusión, ya es sabido que cada vez que se interviene en el cambio de elementos de desgaste de cada equipo, según su manual se recomienda realizarlo bajo los procedimientos establecidos por los fabricantes de cada equipo, con un procedimiento de mantención detallado; así mismo, los circuitos se basan en procedimientos escritos de trabajo, donde detallan el recurso que se necesita y los pasos a seguir antes, durante y después de la intervención del equipo o circuito del área de molienda, los más relevantes son:

- Los protocolos o procedimiento de cambio de liners de los molinos de Bolas y los Molinos SAG.
- Los protocolos o procedimientos de los chutes de alimentación y descarga de los molinos de bolas, molino SAG.
- Los protocolos o procedimientos en mantención de mallas del Trommel, Liners del Trunnion, Deflectores del Molino SAG.
- Protocolos o procedimientos de los circuitos de fajas transportadoras del área de molienda.
- Protocolo o procedimientos de los alimentadores de placas (Apron Feeder) hacia los molinos.
- Protocolo o procedimiento en la mantención de la zaranda vibratoria en cambio de componentes de elementos de desgaste y cambio de componentes mayores.
- Protocolo de inspección y cambio de polines.
- Protocolo de inspección, cambio y regulación de rapadores primarios, secundarios, terciarios de las fajas transportadoras.
- Protocolo de inspección y cambio de tuberías alimentación a las Bombas WARMAN.

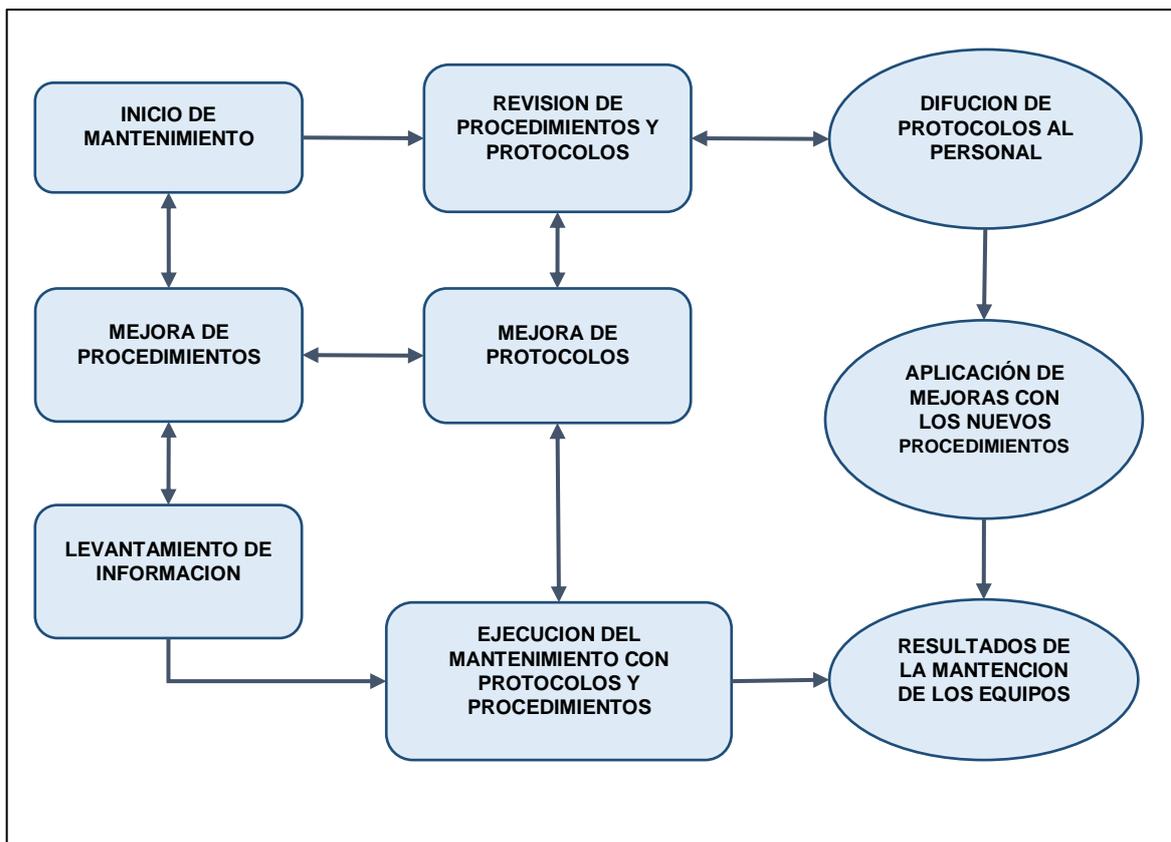


Figura 15. Mejora de los protocolos de mantenimiento

- Mejora de la Planificación del mantenimiento en las paradas de planta:

La planificación es uno de los pilares del mantenimiento preventivo en el área de molinos, por lo que es importante tener claro los planes de mantenimiento en el área de planificación se incluir y poder suministrar lo necesario para que el nuevo grupo de especialistas incluido, participe con anticipación en las coordinaciones y en la planificación.

Aportando con la data para aumentar los recursos y también para definir tiempos más reales en la mantención, optimizando tiempos, recursos y mejor control en la parada de planta, siendo así más eficientes en la mantención con la finalidad de aumentar la disponibilidad de los equipos en el área de molinos.

El plan de mejora es tener el objetivo principal, es poder aumentar la disponibilidad de los equipos reforzando en la planificación los siguientes puntos más relevantes serían los siguientes:

- Definir el recurso humano necesario para todo el mantenimiento.
- Definir y planificar todos los repuestos necesarios para el mantenimiento programado.
- Definir óptimamente el tiempo de disponibilidad generada en la mantención de la parada de planta, recomendando actividades que se realizarán en las paradas de planta menores (estas pueden ser de 18 horas 36 horas aproximadamente) y las paradas de planta mayores (estas pueden ser desde 48 horas hasta 96 horas).
- Definir y poder coordinar y armar los diagramas de Gantt y el timeline de la ruta crítica en la parada de planta ya programada.
- Poder mejorar el próximo plan anual de paradas de planta de la próxima campaña, pudiendo sustentar estadísticamente sobre la mejora aplicada en poder solicitar el recurso económico necesario para el próximo plan anual de paradas de planta preventivas del próximo año.
- Definir las actividades del próximo mantenimiento preventivo en el area de molinos.
- Definir el recurso humano necesario para cubrir las necesidades de mantención de los circuitos de molienda.
- Definir la cantidad de materiales y consumibles para el próximo mantenimiento de los equipos del área de molinos.

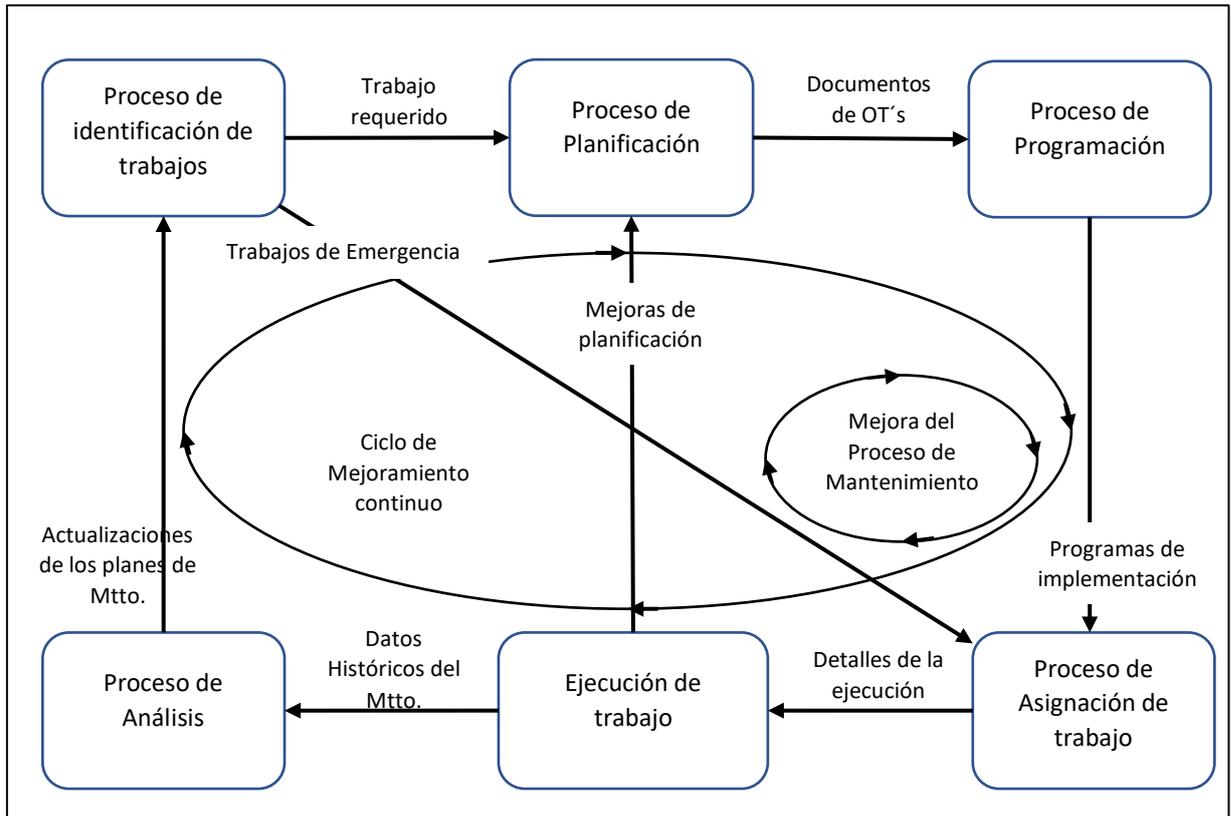


Figura 16. Mejora del planeamiento preventivo

4.3. EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA

Armar un grupo de trabajo para poder levantar la información del estado de la planta, tanto como equipos principales y circuitos de alimentación y descarga, el equipo estaría conformado por:

- 01 ingeniero Mecánico.
- 02 cadistas.
- 04 técnicos mecánicos (especialistas en equipos de medición para uso de equipos de medición de ultrasonidos, pruebas NDT, alineamientos, escaneos).

El equipo en mención tendría como objetivo poder levantar información abocados en poder realizador lo siguiente:

- Levantamiento de información del estado actual de los componentes de desgaste de los circuitos del área de molinos, adicionalmente de los equipos principales.
- Poder iniciar con la aplicación de indicadores como KPI'S de factores de desgaste, KPI de proceso de mineral, KPI indicadores de cuanto personal

intervino cada componente del circuito y cuantas horas se utilizó en el último mantenimiento.

- Al tener datos estadísticos se puede aportar y así poder definir con información más real lo siguiente:
 - Se mejorará el requerimiento de personal para la ejecución del servicio de mantenimiento en el plan de mantenimientos preventivos de las paradas de planta en el área de molinos.
 - Se tendrá un registro con los componentes de mayor rotación y poder tener un uso adecuado para el cambio de componentes con desgaste excesivo, cambio debidamente controladas con registros de las ratios de desgaste de los componentes de mayor rotación en el área.
 - Al tener claro la cantidad de personal necesario, cantidad de repuestos a cambiar, tiempo a disposición del mantenimiento, se obtendrá mayor eficiencia en los mantenimientos.
 - Se obtendrá eficiencia en las compras de repuestos, teniendo una rotación de componentes alta y se evitará tener repuestos con cero rotación y repuestos con baja rotación.
 - El contar con un equipo de especialistas que maneje la data y la estadística de los mantenimientos preventivos, mejorará los tiempos de producción y se controlará de manera óptima los gastos, siendo mas rentable con este plan de mejora para poder tener los equipos en operación con una disponibilidad alta, lo que permitirá que tengan menos fallas en los circuitos del área de molienda.
 - Al tener mayor eficiencia, los equipos y los circuitos tendrán una mayor disponibilidad para sus procesos, siendo muy confiables en su proceso de mineral para la captación de cobre, siendo eficiente la mantenibilidad de los equipos del área de molienda.

- La investigación se basaría en el diseño inicial de levantamiento de información ya en digital de la que venía teniendo de referencia para la programación de mantenimientos, información de la calidad de mineral que se está procesando, solicitar data del área de metalúrgica de sus procesos y sus planes de proceso para este periodo, información del área de mantenimiento de los componentes de mayor rotación, con el área de planeamiento para poder tener los planes

anteriores y los planes de mantenimiento que se tiene para los próximos mantenimientos.

4.3.1. Aspectos administrativos

Los aspectos administrativos también se basan en la mejora continua de los circuitos de los equipos de molienda, se tiene como finalidad de esta propuesta aportar con el aumento de la disponibilidad de los equipos de molienda en todos sus procesos, tomando en cuenta que será a largo plazo, acoplándolo al presupuesto anual de paradas de planta:

- Siendo 08 paradas menores promedio de 12 a 36 horas, cada parada de planta contemplando días de previos de cada servicio, día de ejecución del servicio de mantenimiento, contemplando días de post servicio, donde al final de cada trabajo se proporcionan los entregables de la data levantada con planos de mejora de cada componente de los circuitos, donde se realizan los preparativos para la ejecución de todas las mejoras en las paradas mayores.
- Siendo 02 paradas mayores promedio desde 48 horas hasta las 96 horas cada parada de planta, en esta se realizan cambio de componentes mayores y de mayor envergadura, donde se realizan mejoras y cambios totales de los elementos de desgaste, se pone mayor énfasis en tener resultados de operatividad óptima del circuito de molienda.
- Con estos objetivos, se propone el siguiente presupuesto para la mejora en la disponibilidad de equipos del área de molienda de una planta concentradora de Cobre.

4.3.2. Presupuesto económico

El presupuesto estará basado por días de trabajo previos a cada servicio de parada de planta y días posteriores a la parada de planta, centrándose en los intervalos de cada mes, brindado el reporte necesario para la ejecución del servicio de mantenimiento preventivo, tomando el plan inicial del presupuesto anual, incluyendo a cada intervención en las paradas de planta; para esta mejora de disponibilidad de equipos del área de molienda se considera los siguientes puntos:

- Un dimensionamiento de servicio por paradas de planta menores con la cantidad de personal en los días indicados.
- Un dimensionamiento de servicio por paradas de planta mayores con la cantidad similar al de las paradas menores.

- En ambos presupuestos se utilizará los mismos equipos de planta, variando en la cantidad de días de ejecución.
- Se valorizará en presupuestos por 8 intervenciones al año de paradas menores y 02 presupuestos de paradas mayores para ser incluido este presupuesto al presupuesto de mantenimiento anual.

En el presupuesto se está especificando la inclusión de un grupo de trabajo de especialistas dedicados al levantamiento de observaciones, se podrá detallar en los reportes financieros, donde se resaltan las siguientes actividades incluidas en un plan de actividades realizadas con el consumo de recursos utilizados en la parada de planta, definidas en las ordenes de trabajo sustentadas en el en el Man power.

En los siguientes reportes e informes se evidenciará con los dimensionamientos económicos, los gastos específicos y adicionales a cada servicio de mantenimiento, luego en un reporte trimestral se deberá reflejar la disponibilidad actual de los equipos, comparando con el reporte anterior, con un análisis del recurso utilizado verificando la rentabilidad que genera el grupo de especialistas, los cuales son muy necesarios en todos los mantenimientos preventivos, reforzando al equipo de mantenimiento, fortaleciendo la planificación, controlando la eficiencia de los equipos de molienda y anulando las paradas imprevistas que generan pérdidas a la empresa que alteran su presupuesto anual de paradas de mantenimiento de equipos.

Se muestra los dimensionamientos del servicio de este plan de mejora en aumento de disponibilidad en los equipos de molienda.

Tabla 10.

Dimensionamiento de tiempo parada menor

GRUPO A	Inicio de soporte del servicio	DÍA		7	Movilización	Trabajo Previos	Trabajo Previos	Trabajo Previos				
GRUPO B	Previos del servicio	DÍA		7					Pre Parada	Servicio	Trabajo. Post.	Móvil
APOYO	Ejecución y soporte del servicio	DÍA		2	Trabajo Previos	Trabajo Previos	Trabajo Previos	Trabajo Previos				
TOTAL, DÍAS SERVICIO (INCLUIDA MOVILIZACIÓN)		2	TOTAL, PERSONAS	9	9	9	9	9	9	9	9	9
GRUPO	ACTIVIDAD	TURNO	PERSONAL	CANT	DÍA 1	DÍA 2	DÍA 3	DÍA 4	DÍA 5	DÍA 6	DÍA 7	DÍA 8
GRUPO A	Inicio de soporte del servicio	DÍA	SUPERVISOR DE CAMPO	1	8 horas	8 horas	8 horas	8 horas				
GRUPO A	Inicio de soporte del servicio	DÍA	MECÁNICO LÍDER	4	8 horas	8 horas	8 horas	8 horas				
GRUPO A	Inicio de soporte del servicio	DÍA	CADISTA	2	8 horas	8 horas	8 horas	8 horas				
GRUPO B	Ejecución y soporte del servicio	DÍA	SUPERVISOR DE CAMPO	1					12 horas	16 horas	8 horas	8 horas
GRUPO B	Ejecución y soporte del servicio	DÍA	MECÁNICO LÍDER	4					12 horas	16 horas	8 horas	8 horas
GRUPO B	Ejecución y soporte del servicio	DÍA	MECÁNICO LÍDER	2					12 horas	16 horas	8 horas	8 horas
APOYO	Soporte de servicio	DÍA	ASISTENTE ADMINISTRATIVO	1	8 horas	8 horas	8 horas	8 horas	8 horas	8 horas	8 horas	8 horas
APOYO	soporte de servicio	DÍA	PROGRAMADOR	1	8 horas	8 horas	8 horas	8 horas	8 horas	8 horas	8 horas	8 horas

Tabla 11.

Dimensionamiento de tiempo parada Mayor

GRUPO A	Inicio de soporte del servicio	DÍA	7	Móvil.	Trabajo Previos.	Trabajo Previos								
GRUPO B	Previos del servicio	DÍA	7					Pre Parada	Servicio	Servicio	Servicio	Trabajo Post.	Trabajo Post.	Móvil.
APOYO	Ejecución y soporte del servicio	DÍA	2	Trabajo Previos	Trabajo Previos	Trabajo Previos								
TOTAL, DÍAS SERVICIO (INCLUIDA MOVILIZACIÓN)		2	TOTAL, PERSONAS	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
GRUPO	ACTIVIDAD	TURNO	PERSONAL	CANT	DÍA 1	DÍA 2	DÍA 3	DÍA 4	DÍA 5	DÍA 6	DÍA 7	DÍA 8	DÍA 9	DÍA 10
GRUPO A	Inicio de soporte del servicio	DÍA	SUPERVISOR DE CAMPO	1	8 horas	8 horas	8 horas							
GRUPO A	Inicio de soporte del servicio	DÍA	MECÁNICO LÍDER	4	8 horas	8 horas	8 horas							
GRUPO A	Inicio de soporte del servicio	DÍA	CADISTA	2	8 horas	8 horas	8 horas							
GRUPO B	Ejecución y soporte del servicio	DÍA	SUPERVISOR DE CAMPO	1				12 horas	12 horas	12 horas	12 horas	8 horas	8 horas	8 horas
GRUPO B	Ejecución y soporte del servicio	DÍA	MECÁNICO LÍDER	4				12 horas	12 horas	12 horas	12 horas	8 horas	8 horas	8 horas
GRUPO B	Ejecución y soporte del servicio	DÍA	MECÁNICO LIDER	2				12 horas	12 horas	12 horas	12 horas	8 horas	8 horas	8 horas
APOYO	Soporte de servicio	DÍA	ASISTENTE ADMINISTRATIVO	1	8 horas	8 horas	8 horas	8 horas	8 horas	8 horas	8 horas	8 horas	8 horas	8 horas
APOYO	Soporte de servicio	DÍA	PROGRAMADOR	1	8 horas	8 horas	8 horas	8 horas	8 horas	8 horas	8 horas	8 horas	8 horas	8 horas

Tabla 12.

Presupuesto económico de la parada menor

OFERTA ECONOMICA										N°: 1000001
Ciente : Compañía Minera Atención: Contratos Trabajo: Soporte de parada de Planta equipo predictivo Nº Pedido: AREA DE MOLIENDA EQUIPO DE PREDICTIVO INCLUIDO AL SERVICIO DE PARADAS DE PLANTA MENORES EN EL AREA DE MOLIENDA Fecha : 21-Set-21 Elaborado por: Área Propuesta por Deyvi Zegarra										
1. ESTRUCTURA DE PRECIO DE MANO DE OBRA										
PERSONAL	CANTIDAD	PLAN			PRECIOS				PRECIO EN (\$)	
		Cant DIAS	HORAS FLAT	HORAS EXTRA	HH FLAT	Nº HN	Nº HE			
TRABAJOS PREVIOS AL MANTENIMIENTO 1										
Supervisor Mantenimiento	1	3	8		\$13.96	\$335.03				\$335.03
Supervisor Seguridad					\$13.96					
Técnico Mecánico 1	4	3	8		\$8.73	\$838.01				\$838.01
Técnico Mecánico 2					\$5.77					
Cadista	2	3	8		\$8.73	\$419.00				\$419.00
	7.00									
TRABAJOS PRE PARADA DIA										
Supervisor Mantenimiento	1	1	12		\$13.96	\$167.52				\$167.52
Supervisor Seguridad					\$13.96					
Técnico Mecánico 1	4	1	12		\$8.73	\$419.00				\$419.00
Técnico Mecánico 2					\$5.77					
Cadista	2	1	2		\$8.73	\$34.92				\$34.92
	7.00									
TRABAJOS EN MANTENIMIENTO (Turno Dia)										
Supervisor Mantenimiento	1	1	16	4	\$13.96	\$223.36	\$75.38			\$298.74
Supervisor Seguridad					\$13.96					
Técnico Mecánico 1	4	1	16	4	\$8.73	\$558.67	\$188.55			\$747.22
Técnico Mecánico 2					\$5.77					
Cadista	2	1	16	4	\$8.73	\$279.34	\$94.28			\$373.61
	7.00									
TRABAJOS EN MANTENIMIENTO (Turno Noche)										
Supervisor Mantenimiento					\$13.96					
Supervisor Seguridad					\$13.96					
Técnico Mecánico 1					\$8.73					
Técnico Mecánico 2					\$5.77					
Cadista					\$8.73					
	-									
TRABAJOS POST AL MANTENIMIENTO										
Supervisor Mantenimiento	1	1	8		\$13.96	\$111.68				\$111.68
Supervisor Seguridad					\$13.96					
Técnico Mecánico 1	4	1	8		\$8.73	\$279.34				\$279.34
Técnico Mecánico 2					\$5.77					
Cadista	2	1	8		\$8.73	\$139.67				\$139.67
	7.00									
MOVILIZACIÓN % zona										
Supervisor Mantenimiento	1	1	8		\$13.96	\$111.68				\$111.68
Supervisor Seguridad					\$13.96					
Técnico Mecánico 1	4	1	8		\$8.73	\$279.34				\$279.34
Técnico Mecánico 2					\$5.77					
Cadista	2	1	8		\$8.73	\$139.67				\$139.67
	7.00									
TOTAL MANO DE OBRA EN SERVICIO:										\$4,694.42

EXÁMENES MÉDICOS Y ACREDITACIONES										
Supervisor Mantenimiento	1	7	8			\$13.96	\$781.74			\$781.74
Supervisor Seguridad						\$13.96				
Técnico Mecánico 1	4	7	8			\$8.73	\$1,955.35			\$1,955.35
Técnico Mecánico 2						\$5.77				
Soldador 3G						\$9.26				
Operador camión grúa/Puente grúa						\$8.73				
Operador montacarga/Manlift						\$8.73				
Rigger						\$8.73				
Cadista	2	7	8			\$8.73	\$977.68			\$977.68
	7.00									
							TOTAL MANO DE OBRA HABILITACIÓN (12 meses):			\$265.34
2. UNIFORME E IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD										
UNIFORME/IMPLEM. DE SEGURIDAD	CANT.	VIDA UTIL (DIAS)	PRECIO UNIT. (\$)	DIAS A USAR	PRECIO DIA. (\$)	PRECIO EN (\$)				
ANTEOJOS DE SEGURIDAD MSA, ECO LIGHT, LUNA CLARA (ANTI SCRATCH)	7	5	\$1.82	6	2.55	\$15.32				
BARBIQUEJO CON MENTONERA	7	30	\$0.38	6	0.09	\$0.53				
CAMISA MANGA LARGA TALLA L, COLOR GRIS	7	180	\$10.83	6	0.42	\$2.53				
CANDADOS DE BLOQUEO COLOR ROJO TIPO DIELECTRICO	7	90	\$13.07	6	1.02	\$6.10				
CARTUCHO CONTRA VAPORES ORGANICOS Y GASES ACIDOS 6003/07047	7	15	\$9.88	6	4.61	\$27.67				
CASCO MSA V-GARD JOCKEY C/SLOT FAS-TRACK MARRON, LOGO FLSMIDT	7	180	\$9.08	6	0.35	\$2.12				
CHALECO DRILL NARANJA CON CINTAS REFLECTIVAS TALLA L	7	180	\$14.88	6	0.58	\$3.47				
CORTAVIENTO CON FORRO POLAR	7	180	\$4.35	6	0.17	\$1.02				
FILTRO 3M 2097 P100 PARA PARTICULAS Y VAPORES ORGANICOS	7	15	\$7.66	6	3.57	\$21.44				
GUANTE DE NITRIL TOUGH TOUCH 9.5" TALLA 7-S	7	1	\$0.18	6	1.26	\$7.58				
GUANTE PROTECCION MECANICA Y ANTICORTE, TALLA 7	7	10	\$7.34	6	5.14	\$30.84				
OVEROL EN DRILL AZUL, TALLA L	7	180	\$60.70	6	2.36	\$14.16				
PINZAS DE BLOQUEO METALICA DOBLE MORDAZA DE 6 AGUJEROS	1	90	\$8.96	1	0.10	\$0.10				
PROTECTOR AUDITIVO PARA CASCO (TIPO OREJERA)	7	180	\$19.97	6	0.78	\$4.66				
RESPIRADOR MEDIA CARA REUTILIZABLE 7502/37082 - MEDIUM	7	180	\$23.47	6	0.91	\$5.48				
SUSPENSION / TAFILETE FAS-TRAC III PARA CASCOS V-GARD, 4 PUNTOS	7	180	\$5.81	6	0.23	\$1.36				
TAPONES REUTILIZABLES 1271 - 24DB	7	15	\$1.27	6	0.59	\$3.56				
TRAJE DE PROTECCION TYVEK DESCARTABLE BLANCO, TALLA M	7	2	\$9.37	1	32.79	\$32.79				
ZAPATOS DE SEGURIDAD CON PUNTA DE ACERO TALLA 41 (PPLA)	7	180	\$19.81	6	0.77	\$4.62				
RESPIRADOR CONTRA MATERIAL PARTICULADO N95-8516	7	3	\$7.25	6	16.91	\$101.43				
							TOTAL UNIFORME/IMPLEM. DE SEGURIDAD:			\$286.79
3. EQUIPOS, MAQUINARIAS Y HERRAMIENTAS PARA EL SERVICIO										
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	DEPRECIACION (DIAS)	PRECIO EN (\$)	TIEMPO USO		PRECIO EN (\$)				
				Nº DIA	H/DIA					
Medidor de espesores ULTRASONIDO	2	365.00	\$2,678.06	2		\$29.35				
ELCOMETER MEDIDOR DE ESPESORES	2	365.00	\$800.00	2		\$8.77				
LAPTOP	3	366.00	\$1,500.00	2		\$24.59				
ESCANER	1	367.00	\$3,500.00	2		\$19.07				
ARNES DE SEGURIDAD, CAPACIDAD 140 KG	7	180.00	\$37.76	2		\$2.94				
LINEA DE VIDA DOBLE DE SEGURIDAD P/ARNES	7	180.00	\$56.58	2		\$4.40				
BLOQUE RETRACTIL DE 15 PIES	7	180.00	\$303.01	2		\$23.57				
CALIBRADOR DE GALGAS 0.0015" A 0.040" 25 BLD X 12"	1	180.00	\$54.68	2		\$0.61				
CALIBRADOR PIE DE REY 8", MITUTOYO	1	181.00	\$69.56	2		\$0.77				
MICROMETRO DE INTERIORES 50 - 1000 MM, MITUTOYO	1	182.00	\$531.72	2		\$5.84				
							TOTAL EQUIPOS, MAQUINARIAS Y HERRAMIENTAS:			\$119.90

4. ALQUILERES DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS							
DESCRIPCIÓN	MARCA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO EN (\$)	DIAS USO	PRECIO EN (\$)		
					\$0.00		
TOTAL MATERIALES E INSUMOS					\$0.00		
5. RELACION DE MATERIALES E INSUMOS PARA EL SERVICIO							
DESCRIPCIÓN	MARCA	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO EN (\$)	PRECIO EN (\$)		
					\$0.00		
TOTAL MATERIALES E INSUMOS					\$0.00		
6. TRANSPORTE							
DESCRIPCIÓN	CAPAC. CARG (Kg.)	MARCA	AÑO FABRICA.	CANTIDAD	PRECIO		PRECIO EN (\$)
					Nº DIA	\$/DIA	
TRASLADO INTERNO							\$0.00
Mini Van				1	2	\$206.00	\$412.00
Camioneta 4x4				1	6	\$165.00	\$990.00
Coaster						\$258.00	\$0.00
TRASLADO EXTERNO							\$0.00
Mini Bus				1	2	\$361.00	\$722.00
TRASLADO DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS							\$0.00
Camioneta 4x4						\$165.00	\$0.00
TOTAL TRANSPORTE							\$2,124.00
7. DIVERSOS							
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD PERSONAS	UNIDAD	CANTIDAD VECES	PRECIO UNITARIO EN (\$)	PRECIO EN (\$)		
Alojamiento		EA	1	\$12.89	\$0.00		
Desayunos		EA	1	\$4.13	\$0.00		
Almuerzos		EA	1	\$4.13	\$0.00		
Cenas		EA	1	\$4.13	\$0.00		
Hidratación	7	EA	6	\$1.03	\$43.26		
Alojamiento en Acreditaciones		EA	1	\$12.89	\$0.00		
Alimentación en Acreditaciones		EA	2	\$4.13	\$0.00		
Inducción hombre nuevo	7	EA	1	\$26.88	\$13.44		
Inducción riesgo crítico	7	EA	1	\$26.88	\$13.44		
Inducción LOTOTO	7	EA	1	\$26.88	\$13.44		
Inducción Seguridad 14B	7	EA	1	\$26.88	\$13.44		
Exámen médico perfil general, riesgo altura Staff	7	EA	1	\$206.25	\$103.13		
Exámen médico perfil conductor, riesgo altura		EA	1	\$206.25	\$0.00		
Exámen médico (riesgo altura, espacio confinado, meta	7	EA	1	\$257.81	\$128.91		
Exámen médico salida		EA	1	\$30.94	\$0.00		
TOTAL DIVERSOS						\$329.05	
8. GASTOS GENERALES DE OBRA							
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD PERSONAS	UNIDAD	CANTIDAD DIAS	PRECIO UNITARIO EN (\$)	PRECIO EN (\$)		
Residente		EA		\$395.60	\$0.00		
Asistente Administrativo	2	EA	2	\$75.00	\$300.00		
Conductor	0	EA		\$83.11	\$0.00		
Almacenero		EA		\$72.53	\$0.00		
Equipos de Computo		EA		\$5.16	\$0.00		
Equipos de Comunicación (Celulares)	3	EA	2	\$5.16	\$30.94		
Economato		EA		\$93.75	\$0.00		
Trámites Administrativos RRHH	7	EA	2	\$8.25	\$115.50		
Limpieza y Mantto de EPP's	7	EA	2	\$5.16	\$72.19		
					\$0.00		
TOTAL DIVERSOS						\$518.63	
9. RESUMEN (Todos los costos no incluyen I.G.V.)							
RUBRO					PRECIO		
1. MANO DE OBRA					\$4,959.76		
2. EQUIPO DE PROTECCION DE SEGURIDAD					\$286.79		
3. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					\$119.90		
4. MATERIALES E INSUMOS					\$0.00		
5. TRANSPORTE					\$2,124.00		
6. GASTOS POR PROTOCOLOS COVID19					\$329.05		
7. COSTOS DEL SERVICIO					\$7,819.50		
8. GASTOS ADM. Y GASTOS. GENE. 7%					\$518.63		
COSTO DE OPERACIÓN					\$8,338.13		
9. UTILIDAD 12%					\$938.34		
PRECIO TOTAL DEL SERVICIO/OBRA					\$9,276.47		
CANTIDAD DE PARADAS DE PLANTA MENORES 8					\$74,211.76		
PRESUPUESTO ANUAL DEL SERVICIO POR PARADAS MENORES					\$74,211.76		
PLAZO DE ENTREGA DEL SERVICIO (DIAS CALENDARIOS)					15		
DISPONIBILIDAD PARA INICIAR LAS OPERACIONES (DIAS CALENDARIO)					15		

Tabla 13.

Presupuesto económico de la parada Mayor

OFERTA ECONOMICA										N°: 1000002
Ciente : Compañía Minera Atención: Contratos Trabajo: Soporte de parada de Planta equipo predictivo N° Pedido: AREA DE MOLIENDA EQUIPO DE PREDICTIVO INCLUIDO AL SERVICIO DE PARADAS DE PLANTA MAYORES EN EL AREA DE MOLIENDA		Fecha : 30-Nov-21 Elaborado por: Área Propuesta por Deyvi Zegarra								
1. ESTRUCTURA DE PRECIO DE MANO DE OBRA										
PERSONAL	CANTIDAD		PLAN			PRECIOS				PRECIO EN (\$)
		Cant DIAS	HORAS FLAT	HORAS EXTRA	HH FLAT	N° HN	N° HE			
TRABAJOS PREVIOS AL MANTENIMIENTO 1										
Supervisor Mantenimiento	1	2	8			\$13.96	\$223.36			\$223.36
Supervisor Seguridad						\$13.96				
Técnico Mecánico 1	4	2	8			\$8.73	\$558.67			\$558.67
Técnico Mecánico 2						\$5.77				
Cadista	2	2	8			\$8.73	\$279.34			\$279.34
	7.00									
TRABAJOS PRE PARADA DIA										
Supervisor Mantenimiento	1	1	12			\$13.96	\$167.52			\$167.52
Supervisor Seguridad						\$13.96				
Técnico Mecánico 1	4	1	12			\$8.73	\$419.00			\$419.00
Técnico Mecánico 2						\$5.77				
Cadista	2	1	2			\$8.73	\$34.92			\$34.92
	7.00									
TRABAJOS EN MANTENIMIENTO (Turno Dia)										
Supervisor Mantenimiento	1	3	12	4		\$13.96	\$502.55	\$226.15		\$728.70
Supervisor Seguridad						\$13.96				
Técnico Mecánico 1	4	3	12	4		\$8.73	\$1,257.01	\$565.66		\$1,822.67
Técnico Mecánico 2						\$5.77				
Cadista	2	3	12	4		\$8.73	\$628.51	\$282.83		\$911.33
	7.00									
TRABAJOS EN MANTENIMIENTO (Turno Noche)										
Supervisor Mantenimiento						\$13.96				
Supervisor Seguridad						\$13.96				
Técnico Mecánico 1						\$8.73				
Técnico Mecánico 2						\$5.77				
Cadista						\$8.73				
	-									
TRABAJOS POST AL MANTENIMIENTO										
Supervisor Mantenimiento	1	2	8			\$13.96	\$223.36			\$223.36
Supervisor Seguridad						\$13.96				
Técnico Mecánico 1	4	2	8			\$8.73	\$558.67			\$558.67
Técnico Mecánico 2						\$5.77				
Cadista	2	2	8			\$8.73	\$279.34			\$279.34
	7.00									
MOVILIZACIÓN % zona										
Supervisor Mantenimiento	1	1	8			\$13.96	\$111.68			\$111.68
Supervisor Seguridad						\$13.96				
Técnico Mecánico 1	4	1	8			\$8.73	\$279.34			\$279.34
Técnico Mecánico 2						\$5.77				
Cadista	2	1	8			\$8.73	\$139.67			\$139.67
	7.00									
TOTAL MANO DE OBRA EN SERVICIO:										\$6,737.54

EXÁMENES MÉDICOS Y ACREDITACIONES										
Supervisor Mantenimiento	1	7	8		\$13.96	\$781.74				\$781.74
Supervisor Seguridad					\$13.96					
Técnico Mecánico 1	4	7	8		\$8.73	\$1,955.35				\$1,955.35
Técnico Mecánico 2					\$5.77					
Cadista	2	7	8		\$8.73	\$977.68				\$977.68
	7.00									
TOTAL MANO DE OBRA HABILITACIÓN (12 meses):										\$265.34
2. UNIFORME E IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD										
UNIFORME/IMPLEM. DE SEGURIDAD	CANT.	VIDA UTIL (DIAS)	PRECIO UNIT. (\$)	DIAS A USAR	PRECIO DIA. (\$)	PRECIO EN (\$)				
ANTEOJOS DE SEGURIDAD MSA, ECO LIGHT, LUNA CLARA (ANTI SCRATCH)	7	5	\$1.82	8	2.55	\$20.43				
BARBIQUEJO CON MENTONERA	7	30	\$0.38	8	0.09	\$0.70				
CAMISA MANGA LARGA TALLA L, COLOR GRIS	7	180	\$10.83	8	0.42	\$3.37				
CANDADOS DE BLOQUEO COLOR ROJO TIPO DIELECTRICO	7	90	\$13.07	8	1.02	\$8.13				
CARTUCHO CONTRA VAPORES ORGANICOS Y GASES ACIDOS 6003/07047	7	15	\$9.88	8	4.61	\$36.90				
CASCO MSA V-GARD JOCKEY C/SLOT FAS-TRACK MARRON, LOGO FLSMIDT	7	180	\$9.08	8	0.35	\$2.82				
CHALECO DRILL NARANJA CON CINTAS REFLECTIVAS TALLA L	7	180	\$14.88	8	0.58	\$4.63				
CORTAVIENTO CON FORRO POLAR	7	180	\$4.35	8	0.17	\$1.35				
FILTRO 3M 2097 P100 PARA PARTICULAS Y VAPORES ORGANICOS	7	15	\$7.66	8	3.57	\$28.59				
GUANTE DE NITRIL TOUGH TOUCH 9.5" TALLA 7-S	7	1	\$0.18	8	1.26	\$10.11				
GUANTE PROTECCION MECANICA Y ANTICORTE, TALLA 7	7	10	\$7.34	8	5.14	\$41.12				
OVEROL EN DRILL AZUL, TALLA L	7	180	\$60.70	8	2.36	\$18.89				
PINZAS DE BLOQUEO METALICA DOBLE MORDAZA DE 6 AGUJEROS	1	90	\$8.96	8	0.10	\$0.80				
PROTECTOR AUDITIVO PARA CASCO (TIPO OREJERA)	7	180	\$19.97	8	0.78	\$6.21				
RESPIRADOR MEDIA CARA REUTILIZABLE 7502/37082 - MEDIUM	7	180	\$23.47	8	0.91	\$7.30				
SUSPENSION / TAFILETE FAS-TRAC III PARA CASCOS V-GARD, 4 PUNTOS	7	180	\$5.81	8	0.23	\$1.81				
TAPONES REUTILIZABLES 1271 - 24DB	7	15	\$1.27	8	0.59	\$4.75				
TRAJE DE PROTECCION TYVEK DESCARTABLE BLANCO, TALLA M	7	4	\$9.37	2	16.40	\$32.79				
ZAPATOS DE SEGURIDAD CON PUNTA DE ACERO TALLA 41 (PPLA)	7	180	\$19.81	8	0.77	\$6.16				
RESPIRADOR CONTRA MATERIAL PARTICULADO N95-8516	7	3	\$7.25	8	16.91	\$135.24				
TOTAL UNIFORME/IMPLEM. DE SEGURIDAD:										\$372.12
3. EQUIPOS, MAQUINARIAS Y HERRAMIENTAS PARA EL SERVICIO										
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	DEPRECIACION (DIAS)	PRECIO EN (\$)	TIEMPO USO		PRECIO EN (\$)				
				Nº DIA	H/DIA					
Medidor de espesores ULTRASONIDO	2	365.00	\$2,678.06	4		\$58.70				
ELCOMETER MEDIDOR DE ESPESORES	2	365.00	\$800.00	4		\$17.53				
LAPTOP	3	366.00	\$1,500.00	4		\$49.18				
ESCANER	1	367.00	\$3,500.00	4		\$38.15				
ARNES DE SEGURIDAD, CAPACIDAD 140 KG	7	180.00	\$37.76	4		\$5.87				
LÍNEA DE VIDA DOBLE DE SEGURIDAD P/ARNES	7	180.00	\$56.58	4		\$8.80				
BLOQUE RETRACTIL DE 15 PIES	7	180.00	\$303.01	4		\$47.13				
CALIBRADOR DE GALGAS 0.0015" A 0.040" 25 BLD X 12"	1	180.00	\$54.68	4		\$1.22				
CALIBRADOR PIE DE REY 8", MITUTOYO	1	181.00	\$69.56	4		\$1.54				
MICROMETRO DE INTERIORES 50 - 1000 MM, MITUTOYO	1	182.00	\$531.72	4		\$11.69				
TOTAL EQUIPOS, MAQUINARIAS Y HERRAMIENTAS:										\$239.81

4. ALQUILERES DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS							
DESCRIPCIÓN	MARCA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO EN (\$)	DIAS USO	PRECIO EN (\$)		
TOTAL MATERIALES E INSUMOS							
5. RELACION DE MATERIALES E INSUMOS PARA EL SERVICIO							
DESCRIPCIÓN	MARCA	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO EN (\$)	PRECIO EN (\$)		
TOTAL MATERIALES E INSUMOS							
6. TRANSPORTE							
DESCRIPCIÓN	CAPAC. CARG (Kg.)	MARCA	AÑO FABRICA.	CANTIDAD	PRECIO		PRECIO EN (\$)
					Nº DIA	\$/DIA	
TRASLADO INTERNO							
Mini Van				1	2	\$206.00	\$412.00
Camioneta 4x4				1	6	\$165.00	\$990.00
Coaster						\$258.00	
TRASLADO EXTERNO							
Mini Bus				1	2	\$361.00	\$722.00
TRASLADO DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS							
Camioneta 4x4						\$165.00	
TOTAL TRANSPORTE							\$2,124.00
7. DIVERSOS							
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD PERSONAS	UNIDAD	CANTIDAD VECES	PRECIO UNITARIO EN (\$)	PRECIO EN (\$)		
Alojamiento		EA		\$12.89			
Desayunos		EA		\$4.13			
Almuerzos		EA		\$4.13			
Cenas		EA		\$4.13			
Hidratación	7	EA	8	\$1.03	\$57.68		
Alojamiento en Acreditaciones		EA		\$12.89			
Alimentación en Acreditaciones		EA	2	\$4.13			
Inducción hombre nuevo	7	EA	1	\$26.88	\$13.44		
Inducción riesgo crítico	7	EA	1	\$26.88	\$13.44		
Inducción LOTOTO	7	EA	1	\$26.88	\$13.44		
Inducción Seguridad 14B	7	EA	1	\$26.88	\$13.44		
Exámen médico perfil general, riesgo altura Staff	7	EA	1	\$206.25	\$103.13		
Exámen médico perfil conductor, riesgo altura		EA		\$206.25			
Exámen médico (riesgo altura, espacio confinado, meta)	7	EA	1	\$257.81	\$128.91		
Exámen médico salida	7	EA	1	\$30.94	\$15.47		
TOTAL DIVERSOS					\$358.94		
8. GASTOS GENERALES DE OBRA							
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD PERSONAS	UNIDAD	CANTIDAD DIAS	PRECIO UNITARIO EN (\$)	PRECIO EN (\$)		
Residente		EA		\$395.60			
Asistente Administrativo	2	EA	4	\$75.00	\$600.00		
Conductor		EA		\$83.11			
Almacenero		EA		\$72.53			
Equipos de Computo		EA		\$5.16			
Equipos de Comunicación (Celulares)	3	EA	4	\$5.16	\$61.88		
Economato		EA		\$93.75			
Trámites Administrativos RRHH	7	EA	4	\$8.25	\$231.00		
Limpieza y Mantto de EPP's	7	EA	4	\$5.16	\$144.38		
TOTAL DIVERSOS					\$1,037.25		
9. RESUMEN (Todos los costos no incluyen I.G.V.)							
RUBRO					PRECIO		
1. MANO DE OBRA					\$7,002.89		
2. EQUIPO DE PROTECCION DE SEGURIDAD					\$372.12		
3. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					\$239.81		
4. MATERIALES E INSUMOS							
5. TRANSPORTE					\$2,124.00		
6. GASTOS POR PROTOCOLOS COVID19					\$358.94		
7. COSTOS DEL SERVICIO					\$10,097.75		
8. GASTOS ADM. Y GASTOS. GENE. 10%					\$1,037.25		
COSTO DE OPERACIÓN					\$11,135.00		
9. UTILIDAD 12%					\$1,211.73		
PRECIO TOTAL DEL SERVICIO/OBRA					\$12,346.73		
CANTIDAD DE PARADAS DE PLANTA MAYORES 2					\$24,693.46		
PRESUPUESTO ANUAL DEL SERVICIO POR PARADAS MAYORES					\$24,693.46		
PLAZO DE ENTREGA DEL SERVICIO (DIAS CALENDARIOS)					15		
DISPONIBILIDAD PARA INICIAR LAS OPERACIONES (DIAS CALENDARIO)					15		

Tabla 14.

Presupuesto Anual del Plan de Mejora de disponibilidad

IMPLEMENTACIÓN DE LA MEJORA DE DISPONIBILIDAD EN LOS EQUIPOS						
DATOS						
Costo por parada Mayor	12,346.731	\$	de 0.7 % a un 2%			Incremento
Costo por parada Menor	9,276.47	\$				propuesto de
Cantidad de intervenciones parada menores	10.00	Cantidad				disponibilidad
Cantidad de intervenciones parada mayores	2.00	Cantidad				de equipo
CARGOS POR DEPRECIACIÓN		AÑOS				
	0	1	2	3	4	Total
BIENES PARA EL MANTENIMIENTO	Inversión para recuperar en los cuatro años de contrato de mantenimiento					costo más el gasto del 10%
Equipos de Metrología	\$ 11,112.08	\$ 3,889.23	\$ 3,889.23	\$ 3,889.23	\$ 3,889.23	\$ 15,556.92
Equipos electrónicos	\$ 5,800.00	\$ 2,030.00	\$ 2,030.00	\$ 2,030.00	\$ 2,030.00	\$ 8,120.00
Herramientas	\$ 3,500.00	\$ 1,225.00	\$ 1,225.00	\$ 1,225.00	\$ 1,225.00	\$ 4,900.00
Gastos Administrativos (acreditación exámenes medico)	\$ 4,082.42	\$ 1,428.85	\$ 1,428.85	\$ 1,428.85	\$ 1,428.85	\$ 5,715.38
Otros Gastos	\$ 5,000.00	\$ 1,750.00	\$ 1,750.00	\$ 1,750.00	\$ 1,750.00	\$ 7,000.00
Total, de bienes Inversión a 01 Año	29,494.50	10,323.08	Gasto total a 4 años			41,292.30
Total, gasto adicional de bienes con 10% de depreciación por año	\$ 10,323.08	Gasto Invertido por año, pero es financiado a 4 años en la compra de equipos				
Total, de gasto por inversión de compra de equipos	\$ 41,292.30	Gasto total del financiamiento por los 4 años a una tasa de 10% anual				
Total, de gasto por intervención anual por paradas menores	\$ 92,764.70					
Total, de gasto por intervención anual por paradas mayores	\$ 24,693.46					
TOTAL, DE LA INVERSIÓN	158,750.47					
Gastos Administrativos 10%	\$ 15,875.05					
Utilidad 12%	\$ 19,050.06					
IGV 18%	\$ 28,575.08					
Total, de gastos de la mejora en disponibilidad de equipos	\$ 222,250.66	Gasto por 12 paradas de planta				
DETALLE DE LA INVERSIÓN						
Costo del Precio del Cobre x Kilo	\$ 9.6					
Costo del Precio del Cobre x Tonelada	\$ 9,629					
Proceso de cobre en TM x Día	25000	TM	Tonelada métrica		93% de disponibilidad	
Costo de producción por día de concentrado de cobre	240,725,000	aumento de rentabilidad del 94% de disponibilidad de eficiencia de los equipos de molienda aportando en un 0.33% de mejora				
BENEFICIOS DEL AUMENTO DE DISPONIBILIDAD EN LOS EQUIPOS DEL ÁREA DE MOLINOS	más el 0.072% en su proceso	resultado de aumento por día al 94%			\$	240,898,322
	18.0	25018.0			\$	240,898,322
Producción al 93% de disponibilidad x día	240,725,000	con el crecimiento del 2% de aumento de disponibilidad				
Producción al 95% de disponibilidad x día	240,898,322	por mes		\$ 6,022,458,050		
Diferencia favorable del aumento de la disponibilidad al 95%	\$ 173,322	por mes		\$ 4,333,050		
Porcentaje a otros gastos adicionales	\$ 4,302,719	99.3% designado a demás gastos y beneficios				
Porcentaje asignado al Mantenimiento	\$ 30,331	0.7% asignado a la inversión de mejora del mantenimiento				
Inversión x parada de planta	\$ 18,521	Inversión dividida a 12 paradas de planta anuales				
Rentable aplicar la inversión de la mejora continua en aumento de la disponibilidad de los equipos del área de molienda	\$ 11,810	Monto restante para mejoras de nuevas innovas para la planta				

Fórmula:

$$VAN = \text{Inversion Inicial} + \frac{FNE1}{(1+i)^1} + \frac{FNE2}{(1+i)^2} + \frac{FNE3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{FNE_n}{(1+i)^n}$$

Donde: Inversión Inicial es un valor negativo
i es la TMAR

TMAR	0.10%	<=====
TIR	23.1300%	<=====
VAN	C\$ 563,268.51	<=====

CALCULO DEL VAN													
INICIAL	-889,003.00												
TMAR	0.10%												
VAN =	-889,003.00	<u>363,976.00</u>	<u>363,976.00</u>	<u>363,976.00</u>	<u>363,976.00</u>	<u>0.00</u>							
		1.0010	1.0020	1.0030	1.004006004	1.00501001	1.00601502	1.00702104	1.008028056	1.00903608	1.01004512	1.01105517	1.01206622
VAN =	-889,003.00	363,612.3876	363,249.1385	362,886.2522	362,523.7285	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
VAN =	C\$ 563,268.51												

COMPROBACION DE LA TIR													
INICIAL	-C\$ 889,003.00												
TIR	23.1300%	====> Al aplicar esta tasa el VAN se iguala a cero											
VAN =	-C\$ 889,003.00	<u>363,976.00</u>	<u>363,976.00</u>	<u>363,976.00</u>	<u>363,976.00</u>	<u>0.00</u>							
		1.2313	1.5161	1.8668	2.298556507	2.830212084	3.48483947	4.29088202	5.283362014	6.5054024	8.01010044	9.86283478	12.1441061
VAN =	-C\$ 889,003.00	295,603.0779	240,074.0149	194,976.0911	158,349.8161	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
VAN =	0.0000												

Tabla 15.*Análisis de indicadores financieros*

Año de operación	Ingresos totales*	Inversiones para el proyecto			Valor de Rescate	Flujo Neto de Efectivo
		Egresos totales	Fija	Diferida	Cap. de trab.	
0		889,003		3633.67		-892,636.29
1	363,976					363,976
2	363,976					363,976
3	363,976					363,976
4	363,976					363,976

CALCULO DEL VAN Y TIR CON UNA TASA DEL 10% ANUAL

Año de Mantenimientos	Gastos totales \$	Ingresos anuales totales \$	Porcentaje de gastos adicionales de un 10%	Costos anuales actualizados en \$	Gastos Anuales actualizados \$	Flujo neto de efectivo act. \$
0	-892,636.29	0	1.000	-892,636.29	0.00	-892,636.29
1	0	363,976	1.000	0.00	363,976	363,976
2	0	363,976	1.000	0.00	363,976	363,976
3	0	363,976	1.000	0.00	363,976	363,976
4	0	363,976	1.000	0.00	363,976	363,976
Total	-892,636.29	1,455,905	10%	-892,636.29	1,455,904.80	563,268.51

Los indicadores financieros que arroja el proyecto son:

VAN=	563,268.51	Se acepta
TIR =	23.13%	Se acepta
B/C =	1.64	Se acepta

4.3.3. Plan de ejecución

Para el inicio del plan, se tiene que presentar a fines de año para que pueda ser incluido en el plan anual de paradas de planta de una planta concentradora, donde lo más ideal es poner a prueba y poder hacer una simulación de la mejora aplicada en una parada de planta menor, donde también en el presupuesto realizado se verifica en la hoja de costos que solo se está valorizando por los días intervenidos y los días ejecutados, también se

independizó en la hoja de costos donde se puede apreciar que el costo por una simulación con los equipos y el personal necesario no sobrepasa los 9 276.47 dólares.

En coordinaciones con varias unidades mineras es manejable presupuestos que no sobrepasen los 100 000.00 mil dólares para solo ser aprobados por la gerencia de Mantenimiento (y no demás Gerencias), el presupuesto se adecua a lo accesible en poderse aprobar el presupuesto propuesto en la mejora que se expone líneas anteriores.

Se podrá realizar una simulación de 01 servicio del trabajo que se tiene como objetivo realizar para aumentar la disponibilidad de equipos en el área de Molinos, área muy importante por la cantidad de equipos ,se pondría a prueba la propuesta de mejora de tener un grupo de personas adicional a su grupo ya designado para el mantenimiento de la planta concentradora, teniendo la oportunidad de aplicar esta propuesta, soportando una vez culminada la parada de planta, teniendo data suficiente para poder aplicarla en la siguiente parada que nos permitirá:

- La evaluación de estado de los liners de los chutes de alimentación y descarga de los molinos de Bolas, estado de los liners del chute de alimentación del Molino SAG y estado de los segmentos del Trunnion del molino SAG, chute de finos y gruesos del Trommel, estado de los deflectores, estado de desgaste de las Mallas del Trommel, este último validado y consolidado con la información del área de Metalúrgica, estado de los chutes del circuito de fajas transportadoras, estado de polines de carga retorno, V-Plow, estado de raspadores, estado de paneles de la zaranda y estado de su chute de finos y gruesos de la zaranda, estado de los nidos de hidrociclones, estado de las líneas de agua de procesos de la planta.

En esta evaluación también se levanta información de los consumibles utilizados por equipo y de manera global, siendo beneficioso para poder controlar mejor los consumibles y para tener control los de mayor rotación de sus repuestos.

Se plantea la siguiente ejecución del servicio de mejora de la disponibilidad de equipos en el área de molinos, tomando como punto de inicio la inclusión de un servicio de levantamiento de información predictivo y exclusivo, para brindar soporte a las paradas de planta de manera eficiente sin fallas durante cada mantenimiento programado representado en el plan de parada de planta del área de molinos.

Se presentará el siguiente plan de inicio con la simulación inicial para la ejecución del siguiente mantenimiento, poniendo en práctica lo mencionado anteriormente que, si no da resultados, la compañía no está en la obligación de pagar la primera prueba de

levantamiento de información, se hará uso de los equipos que medirán espesores, se escaneará todos los equipos del área, los que se detallan los cuadros siguientes:

Tabla 16.

Plan de ejecución de la primera prueba con una simulación del nuevo plan

GRUPO	ACTIVIDAD	TURNO	PERSONAL	CANT	DÍA 1	DÍA 2	DÍA 3	DÍA 4	DÍA 5	DÍA 6
Grupo de Trabajo	Inicio de soporte del servicio	DÍA	Equipos de trabajo preventivo	7	Levantamiento de información en salas de control y revisión de informes de parada anteriores.	Revisión de reportes de almacén de los equipos que tienen mayor rotación de repuestos.	Consolidado de equipos críticos y equipos sin atención previa.	Identificación de repuestos de mayor rotación e identificación de repuestos que no tienen rotación.	Levantamiento de información real en cambio estado de todos los componentes de desgaste de cada equipo y circuito.	Brindar reporte técnico y recomendaciones con data estadística de todo lo levantado y una simulación del próximo plan de mantenimiento.

Tabla 17.

Plan de ejecución del nuevo plan en paradas menores

PLAN DE EJECUCIÓN DE PARADAS MENORES										
GRUPO	ACTIVIDAD	TURNO	PERSONAL	CANT	DÍA 1	DÍA 2	DÍA 3	DÍA 4	DÍA 5	DÍA 6
Grupo de Trabajo	Inicio de soporte del servicio	DÍA	Equipos de trabajo adicional reforzando al equipo mantenimiento, con actividades involucradas de manera conjunta en la ejecución de la parada de planta preventivo	7	Consolidado de información anteriores mantenimient o y evaluación de frentes críticos.	Consolidación de repuestos y materiales y confirmación de personal para la ejecución.	Activación del plan de mejora con la difusión de tareas al personal asignado.	Reunión previa de coordinación total del servicio de mantenimiento con las áreas involucradas de Planificación. y empresas contratas ejecutoras del servicio.	Ejecución del servicio, verificación de que los cambios se concreten al 100% y también con equipos parados levantar información para el próximo mantenimiento con el levantamiento de información de cambio con más rotación.	Entrega de toda la información recolectada y brindada, para poder realizar de una manera más enfocada al próximo mantenimiento, en la siguiente parada de planta aportando a poder brindar información a los indicadores de gestión de mantenimiento ya aplicados en la compañía sumando al no tener no fallas esto suma y aumenta la disposición del equipo a la producción esperada.

Tabla 18.

Plan de ejecución del nuevo plan en paradas mayores

PLAN DE EJECUCIÓN DE PARADAS MAYORES												
Grupo	Actividad	Turno	Personal	Cant	DÍA 1	DÍA 2	DÍA 3	DÍA 4	DÍA 5	DÍA 6	DÍA 7	DÍA 8
Grupo de Trabajo	Inicio de soporte del servicio	DÍA A	Equipos de trabajo adicional reforzando al equipo mantenimiento con actividades involucradas de manera conjunta en la ejecución de la parada de planta preventivo.	7	Revisión del informe anterior, revisión del plan de trabajo, revisión de recurso humano solicitado, revisión de los repuestos solicitados, revisión de materiales consumibles.	Consolidado de la información recopilada, recopilación y consolidado de toda la información anterior y se plasma en acotar y adecuarse con el recurso para la ejecución del servicio a realizar.	Inicio de Parada de planta Verificación y levantamiento de actividades realizadas, recomendando cualquier actividad necesaria para que la mantención sea más eficiente en coordinación con la supervisión y líderes de ejecución en cada frente de trabajo.	Consolidado del primer día anterior plasmándolo en una línea de tiempo y un seguimiento a la carga Gantt, actualizando y levantando información necesaria para que el informe técnico del servicio de mantenimiento sea más sólido en brindar información necesaria para la ejecución de mantención en el área de molinos, evitando las fallas posteriores.	Se mantiene y se prosigue en este 3er día de parada de planta con lo planificado inicialmente, consolidando y reportando diariamente durante la ejecución de la mantención de equipos y circuitos en el área de molinos representando lo inspeccionado y las actividades realizadas reflejadas en la carta Gantt, cada seis horas se estará actualizando y reportando al cliente del avance y del estado del mantenimiento desde el inicio a fin de las actividades.	Consolidada la información y entrega de informes técnicos fusionado al reporte de mantenimiento, reporte consolidado de los repuestos utilizados, reporte de los materiales consumibles utilizados, reporte consolidado de tareas completadas y tareas faltantes, consolidado de reporte en carta Gantt cerrado y el timeline de la misma manera.	Reporte revisado en reunión y exposición de lo realizado con reporte ya culminado de lo realizado en la parada de planta validado por el cliente, las actividades realizadas si son las esperadas con este grupo adicionado con exclusividad a la verificación del cambio de componentes y de control y mejora de los de más rotación en todos los equipos y circuitos del área de molinos.	Planificación y aporte al próximo plan de trabajo en la parada de planta, mejoras en los planes a los preparativos de planta con mejoras solicitadas a los proveedores de Liners, proveedores de polines, raspadores, dueños de los equipos como los molinos, Feeder, etc, con la finalidad de ahorrar y mejorar el tiempo de paradas preventivas sumando a la mejora continua y teniendo resultados en el reporte mensual y trimestral de aumento de disponibilidad de equipos, no teniendo paradas o fallas imprevistas siendo los equipos más confiables.

Tabla 19.

Disposición estimada de horas de disponibilidad de Mantenimiento del área de Molinos

EQUIPO	Horas de mantenimiento (Horas) (DISPONIBILIDAD Forecast 00 2021)												Forecast 2021	Budget 2021	Budget 2020	Real 2019	Real 2018
	Enero TM	Febrero TM	Marzo TM	Abril TM	Mayo TM	Junio TM	Julio TM	Agosto TM	Septiembre TM	Octubre TM	Noviembre TM	Diciembre TM					
Chancadora Primaria	24.00	0.00	60.00	20.00	52.00	0.00	12.00	20.00	24.00	0.00	16.00	0.00	228.00	228.00	323.00	228.08	253.78
Apron Feeder	24.00	12.00	24.00	24.00	28.00	12.00	36.00	16.00	36.00	12.00	24.00	12.00	260.00	260.00	272.00	196.50	221.70
Faja de Sacrificio	24.00	12.00	24.00	24.00	24.00	12.00	36.00	16.00	36.00	12.00	24.00	12.00	256.00	256.00	248.00	235.07	237.18
Faja Overland	16.00	16.00	60.00	36.00	40.00	16.00	48.00	16.00	48.00	48.00	48.00	16.00	408.00	408.00	438.00	424.02	350.86
LINEA DE CHANCADO	24.00	16.00	60.00	36.00	52.00	16.00	48.00	20.00	48.00	48.00	48.00	16.00	432.00	432.00	512.00	438.62	376.30
Apron Feeder 05	14.00	0.00	14.00	78.00	15.00	0.00	15.00	0.00	15.00	16.00	15.00	0.00	182.00	184.00	114.00	93.00	91.85
Apron Feeder 06	14.00	0.00	14.00	60.00	15.00	0.00	15.00	0.00	15.00	16.00	15.00	0.00	164.00	166.00	114.00	114.00	156.87
Apron Feeder 07	14.00	0.00	14.00	60.00	15.00	0.00	15.00	0.00	15.00	16.00	15.00	0.00	164.00	166.00	126.00	78.00	101.65
Apron Feeder 08	14.00	0.00	14.00	60.00	15.00	0.00	15.00	0.00	15.00	78.00	15.00	0.00	226.00	228.00	150.00	93.00	90.00
Faja 5	6.00	14.00	6.00	60.00	6.00	16.00	6.00	16.00	0.00	60.00	6.00	16.00	212.00	214.00	176.00	150.97	173.40
Molino SAG	14.00	14.00	14.00	90.00	18.00	18.00	18.00	26.00	18.00	98.00	18.00	18.00	364.00	364.00	362.00	364.85	379.26
Molino de Bolas 01	14.00	0.00	14.00	40.00	18.00	0.00	18.00	0.00	18.00	48.00	18.00	0.00	188.00	188.00	300.00	227.39	388.25
Bomba Warman 01	0.00	14.00	0.00	14.00	0.00	14.00	0.00	14.00	0.00	14.00	0.00	14.00	84.00	84.00	84.00	0.90	82.30
Molino de Bolas 02	0.00	40.00	0.00	24.00	0.00	18.00	0.00	26.00	0.00	58.00	0.00	18.00	184.00	184.00	276.00	221.73	279.87
Bomba Warman 02	14.00	0.00	14.00	0.00	14.00	0.00	14.00	0.00	14.00	0.00	14.00	0.00	84.00	84.00	156.00	35.95	70.90
Bomba Warman 03	18.00	0.00	18.00	0.00	18.00	0.00	18.00	0.00	18.00	0.00	18.00	0.00	108.00	108.00	108.00	66.76	100.48
Zaranda	14.00	0.00	14.00	24.00	16.00	0.00	16.00	0.00	16.00	24.00	16.00	0.00	140.00	144.00	140.00	181.08	191.17
Faja 11	0.00	14.00	0.00	36.00	0.00	16.00	0.00	16.00	0.00	36.00	0.00	16.00	134.00	136.00	112.00	131.20	140.69
Faja 12	0.00	14.00	0.00	36.00	0.00	16.00	0.00	16.00	0.00	36.00	0.00	16.00	134.00	136.00	108.00	136.52	136.76
LINEA MOLIENDA	14.00	26.22	14.00	90.00	18.00	18.00	18.00	26.00	18.00	98.00	18.00	18.00	376.22	381.00	362.00	380.36	435.15
Chancador Pebbles 01	0.00	0.00	102.00	0.00	0.00	102.00	0.00	0.00	84.00	0.00	0.00	84.00	372.00	372.00	300.00	252.00	228.00
Chancador Pebbles 02	0.00	0.00	102.00	0.00	0.00	0.00	120.00	0.00	0.00	102.00	0.00	0.00	324.00	324.00	372.00	144.00	2226.00

Tabla 20.

Disposición estimada porcentaje propuesto de disponibilidad de Mantenimiento del área de Molinos.

EQUIPO	Horas de mantenimiento (Horas) (DISPONIBILIDAD Forecast 00 2021)												Forecast 2021	Budget 2021	Budget 2020	Real 2019	Real 2018
	Enero TM	Febrero TM	Marzo TM	Abril TM	Mayo TM	Junio TM	Julio TM	Agosto TM	Septiembre TM	Octubre TM	Noviembre TM	Diciembre TM					
Apron Feeder 05	98.12%	100.00%	98.12%	89.17%	97.98%	100.00%	97.98%	100.00%	97.92%	97.85%	97.92%	100.00%	97.92%	94.90%	92.70%	93.29%	92.05%
Apron Feeder 06	98.12%	100.00%	98.12%	91.67%	97.98%	100.00%	97.98%	100.00%	97.92%	97.85%	97.92%	100.00%	98.13%	94.11%	92.70%	91.29%	92.97%
Apron Feeder 07	98.12%	100.00%	98.12%	91.67%	97.98%	100.00%	97.98%	100.00%	97.92%	97.85%	97.92%	100.00%	98.13%	94.11%	92.57%	91.70%	92.97%
Apron Feeder 08	98.12%	100.00%	98.12%	91.67%	97.98%	100.00%	97.98%	100.00%	97.92%	89.52%	97.92%	100.00%	97.42%	94.40%	93.29%	91.80%	91.97%
Faja 5	99.19%	97.92%	99.19%	91.67%	99.19%	97.78%	99.19%	97.85%	100.00%	91.94%	99.17%	97.85%	97.58%	94.56%	93.00%	92.92%	90.76%
Molino SAG	98.12%	97.92%	98.12%	87.50%	97.58%	97.50%	97.58%	96.51%	97.50%	86.83%	97.50%	97.58%	95.84%	93.84%	92.88%	92.73%	92.05%
Molino de Bolas 01	98.12%	100.00%	98.12%	94.44%	97.58%	100.00%	97.58%	100.00%	97.50%	93.55%	97.50%	100.00%	97.85%	93.85%	93.58%	92.53%	91.40%
Bomba Warman 01	100.00%	97.92%	100.00%	98.06%	100.00%	98.06%	100.00%	98.12%	100.00%	98.12%	100.00%	98.12%	99.04%	94.04%	93.04%	92.04%	91.72%
Molino de Bolas 02	100.00%	94.05%	100.00%	96.67%	100.00%	97.50%	100.00%	96.51%	100.00%	92.20%	100.00%	97.58%	97.90%	94.90%	93.86%	91.44%	91.40%
Bomba Warman 02	98.12%	100.00%	98.12%	100.00%	98.12%	100.00%	98.12%	100.00%	98.06%	100.00%	98.06%	100.00%	99.04%	94.04%	94.22%	92.04%	91.72%
Bomba Warman 03	97.58%	100.00%	97.58%	100.00%	97.58%	100.00%	97.58%	100.00%	97.50%	100.00%	97.50%	100.00%	98.77%	94.77%	93.77%	91.63%	92.04%
Zaranda	98.12%	100.00%	98.12%	96.67%	97.85%	100.00%	97.85%	100.00%	97.78%	96.77%	97.78%	100.00%	98.40%	94.36%	93.41%	91.22%	91.36%
Faja 11	100.00%	97.92%	100.00%	95.00%	100.00%	97.78%	100.00%	97.85%	100.00%	95.16%	100.00%	97.85%	98.47%	94.45%	93.72%	92.42%	92.77%
Faja 12	100.00%	97.92%	100.00%	95.00%	100.00%	97.78%	100.00%	97.85%	100.00%	95.16%	100.00%	97.85%	98.47%	94.45%	92.77%	92.63%	92.84%
LINEA MOLIENDA	98.12%	96.10%	98.12%	87.50%	97.58%	97.50%	97.58%	96.51%	97.50%	86.83%	97.50%	97.58%	98.71%	94.65%	93.88%	94.73%	92.05%
Chancador Pebbles 01	100.00%	100.00%	86.29%	100.00%	100.00%	85.83%	100.00%	100.00%	88.33%	100.00%	100.00%	88.71%	95.75%	94.75%	93.58%	95.89%	97.53%
Chancador Pebbles 02	100.00%	100.00%	86.29%	100.00%	100.00%	100.00%	83.87%	100.00%	100.00%	86.29%	100.00%	100.00%	96.30%	94.30%	93.77%	95.89%	97.53%

Con el análisis detallado y los resultados presentados a varios clientes de compañías diferentes que carecen de un área preventiva de circuitos en plantas concentradoras, se propone en poner a prueba la simulación de la mejora de aumento de disponibilidad de los equipos que se puedan aplicar en el siguiente mantenimiento a realizarse en la parada de planta.

Esta fusión se realizaría de esta manera donde 01 integrante del servicio estaría involucrado en el equipo levantando información con los equipos necesarios para este trabajo.

Se adjunta imagen de cómo se podría incluir un grupo ya definido para varias tareas asignadas en el molino sag donde están 04 contratas involucradas en su mantenimiento, soportándolos de manera técnica, poniendo así la inclusión del grupo que va soportando la parada de planta ya distribuida en el equipo de molino SAG del área de molienda.

Tabla 21.

Simulación del Man power con el grupo nuevo de trabajo.

C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
			MANTENIMIENTO MOLINO SAG 310-MLS-														
	20597015	010	Chute Movil Alimentacion M.SAG Inspeccion de revestimientos chute movil SAG.			GP05		- SIOM SIOM									
	20597016		BL_Cambio de sello de caucho chute de alimentacion.			GP23		1 FLSMIDTH 2 FLSMIDTH 3 FLSMIDTH									
		010	Liners Molino SAG Escaneo de Liners de Cilindro y Tapas (Metalurgia, y ELEC METAL 6:00 am)			GPSC		ELECMETAL ELECMETAL ELECMETAL									
	10452514		BL_Cambio de parrillas en Tapa de - Cambio de 16 parrillas. - Cambio de pernos de cajón y parrillas.			GP06		1 METSO 2 METSO 3 METSO 4 METSO 5 METSO 6 METSO 7 METSO 8 METSO 9 METSO # METSO 11 METSO # METSO # METSO # METSO # METSO # METSO # METSO # METSO - METSO - METSO									
			BL_Cambio de perno cilindro #49														
			<i>Soporte preventivo en la ejecución del servicio</i>					1 SOPORTE MANTENIMIENTO 2 SOPORTE MANTENIMIENTO 3 SOPORTE MANTENIMIENTO									
	20497104	020	Trommel Cambio de mallas del Trommel SAG. Reparacion de estructura del trommel con recubrimiento de caucho.			GP07		1 FLSMIDTH 2 FLSMIDTH 3 FLSMIDTH 4 FLSMIDTH 5 FLSMIDTH 6 FLSMIDTH 7 FLSMIDTH					GP07N	1 FLSMIDTH 2 FLSMIDTH 3 FLSMIDTH 4 FLSMIDTH 5 FLSMIDTH 6 FLSMIDTH 7 FLSMIDTH			
MOLINO SAG																	

4.3.4. Cronograma de ejecución de nuevo plan de mejora

En este cronograma, se actualiza y se adecua la integración de un plan nuevo de paradas de planta, poniendo en práctica lo planteado con el inicio de la primera prueba del plan de mejora en la siguiente parada de planta que se brindará a la compañía minera.

También se tiene previas coordinaciones con los tiempos de ejecución del mantenimiento y también es tener claro las actividades a realizar para tener como único objetivo, la ejecución de una mantención de equipos de manera eficiente que evite cualquier posible falla recurrente en esta aplicación de esta mejora.

Tabla 22.

Cronograma de ejecución

		CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN															
Ítem	Descripción	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Set	Oct	Nov	Dic
1	Presentación de plan de mejora.	25%	25%	25%													
2	Exposición del nuevo plan de mejora.	15%	30%	30%													
3	Levantamiento de data estadística del área de molinos.	25%	25%	25%													
4	Aceptación de propuesta y planificación del nuevo plan para su ejecución.	25%	25%	25%													
5	Coordinación con el área de planificación y mantenimiento y exposición de la ejecución del nuevo plan de mejora para la ejecución del servicio de mantenimiento de planta en el área de molinos.	25%	25%	25%													
6	Ejecución del plan de mejora conjuntamente con el equipo de mantenimiento.																0%
7	Levantamiento de información de los repuestos y equipos críticos en el área.																0%
8	levantamiento de información por el área de planeamiento de los repuestos y materiales consumibles con más rotación y uso en la parada de planta.																0%
9	Reuniones con el área de mantenimiento y planeamiento previo a la ejecución del servicio de prueba con la simulación de plan de mejora.																0%
10	Ejecución de la parada de planta se pone a prueba el plan de mejora en el área.																0%
11	Se realiza las actividades de seguimiento y de control de los trabajos asignados si son con el recurso suficiente o con recurso faltante en el área de molinos.																0%
12	Consolidado de información una vez culminada la parada de planta.																0%
13	Entrega de información conjuntamente con el informe técnico.																0%
14	Exposición del plan de mejora y recomendaciones a ejecutar para poder aplicar en el siguiente mantenimiento.																0%
15	Resultados de la ejecución del plan de mejora se verifica en cambio con la aplicación de todo lo recomendado en el siguiente mantenimiento con la aplicación del plan de mejora.																0%
16	Seguimiento de lo recomendado se ponga a práctica en el siguiente mantenimiento.																0%
17	soporte necesario como valor agregado de la necesidad de la compañía para la correcta aplicación del plan de mejora.																0%
18	consolidado de información y verificación en campo de todo lo aplicado de resultados con una asignación de recurso adecuada en la planificación del recurso.																0%
19	reunión con la gerencia de compañía soportando de manera justificada de que el plan de mejora va dar resultados solicitando data estadística de que ya no tuvo paradas imprevistas ni fallas entre mantenimiento.																0%
20	Si aceptan en nuevo plan mes probable de inicio con el nuevo plan de mejora en las paradas de mantenimiento preventivo que se verifico que sus paradas de 30 días podrían ser a 45 días.																0%

Tabla 23.

Cronograma de ejecución del plan de mejora

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN PLANTEADO													
Ítem	Descripción	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1	Presentación de plan de mejora.	█											
2	Exposición del nuevo plan de mejora.	█											
3	Levantamiento e data estadística del área de molinos.	█	█										
4	Aceptación de propuesta y planificación del nuevo plan para su ejecución.	█	█										
5	Coordinación con el área de planificación y mantenimiento y exposición de la ejecución del nuevo plan de mejora para la ejecución del servicio de mantenimiento de planta en el área de molinos.	█	█										
6	Ejecución del plan de mejora conjuntamente con el equipo de mantenimiento			█									
7	Levantamiento de información de los repuestos y equipos críticos en el área			█									
8	levantamiento de información por el área de planeamiento de los repuestos y materiales consumibles con más rotación y uso en la parada de planta.			█									
9	Reuniones con el área de mantenimiento y planeamiento previo a la ejecución del servicio de prueba con la simulación de plan de mejora.	█	█	█									
10	Ejecución de la parada de planta se pone a prueba el plan de mejora en el área			█	█								
11	Se realiza las actividades de seguimiento y de control de los trabajos asignados si son con el recurso suficiente o con recurso faltante en el área de molinos.			█	█								
12	Consolidado de información una vez culminada la parada de planta.			█	█								
13	Entrega de información juntamente con el informe técnico .			█	█								
14	Exposición del plan de mejora y recomendaciones a ejecutar para poder aplicar en el siguiente mantenimiento.			█	█								
15	Resultados de la ejecución del plan de mejora se verifica en cambo con la aplicación de todo lo recomendado en el siguiente mantenimiento con la aplicación del plan de mejora.			█	█								
16	Seguimiento de lo recomendado se ponga a practica en el siguiente mantenimiento.			█	█								
17	soporte necesario como valor agregado de la necesidad de la compañía para la correcta aplicación del plan de mejora.			█	█								
18	Consolidado de información y verificación en campo de todo lo aplicado de resultados con una asignación de recurso adecuada en la planificación del recurso.			█	█								
19	Reunión con la gerencia de compañía soportando de manera justificada de que el plan de mejora va dar resultados, solicitando data estadística de que ya no tuvo paradas imprevistas ni fallas entre mantenimiento.			█	█								
20	Si aceptan en nuevo plan mes probable de inicio con el nuevo plan de mejora en las paradas de mantenimiento preventivo que se verifiko que sus paradas de 30 días podrían ser a 45 días.					█	█	█	█	█	█	█	█

CONCLUSIONES

- 1) Al realizar el diagnóstico de la situación actual de los procesos llevados a cabo en el área de molienda en la planta concentradora de cobre, se evidenció que para que este mantenimiento se realice de acuerdo con las estrategias planteadas, hace falta personal capacitado, que exista una comunicación fluida entre todos los involucrados y que falta estadísticas de fallas por equipo; también se puede observar que el personal a cargo tiene mucha experiencia en el área, lo cual implica una ventaja competitiva.
- 2) Elaborar estrategias para mejorar la disponibilidad de los equipos del área de molienda, se plantearon las siguientes estrategias para minimizar los problemas más recurrentes en los circuitos del área definiendo lo siguiente: al no tener un equipo exclusivo de mantenimiento preventivo a los circuitos, existen problemas recurrentes y fallas reiterativas en los circuitos de los equipos de molienda, causando paradas imprevistas y proceso parado evidentemente pérdidas económicas a la empresa, debido a estas paradas cortas pero sumadas en el mes, se planteó mantener y mejorar el objetivo del mantenimiento con un nuevo plan de mantenimiento incluyendo un equipo de especialistas exclusivo en soportar y aportar en los mantenimientos preventivos, donde se tome en cuenta las desviaciones menores en los circuitos mejorando las paradas menores y mayores de mantenimiento en el área de Molienda de una planta concentradora, al igual que actualizar los indicadores y mejorar los existentes.
- 3) Al evaluar la viabilidad económica de la propuesta, se encontraron indicadores económicos y financieros favorables para la puesta en marcha de la propuesta, ya que se obtuvo un VAN positivo un TIR del 23.13%, es decir, superior a la tasa de descuento y un B/C de 1.64, es decir, que por cada dólar invertido se obtendría como beneficio 0.64 centavos.

RECOMENDACIONES

- 1) Se recomienda lo más pronto posible Implementar la propuesta planteada, sustentando que estaría aumentando la disponibilidad de los equipos de un 94.65% a un 98.71% en los plazos planteados asociado a muchas mejoras que irían en concordancia a esta mejora.
- 2) Mantener un control estricto por equipo, por las fallas imprevistas, el uso excesivo de los repuestos y cualquier otro evento ocurrido que altere la planificación, con estos controles adicionales o reforzando los existentes logramos que se mejora de forma significativa los mantenimientos planificados.
- 3) Mejorar la comunicación entre las áreas involucradas, de manera que si surge cualquier eventualidad se puedan tomar acciones para minimizar el impacto y así poder dar cumplimiento a lo planificado en las paradas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALTAMIRANO, M. (2021). Implementación de un sistema de gestión de mantenimiento para aumentar la disponibilidad de los equipos de línea amarilla en obras civiles para la empresa Oslo S. A. Tesis (Título de Ingeniero Industrial). Lima: Universidad Privada del Norte. 108 pp. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/29312>
- ALVA, R. (2019). Diseño de un plan de gestión de mantenimiento para incrementar la disponibilidad mecánica de equipos de la Empresa Mur Wy SAC. en el Proyecto Cerro Corona. Tesis (Título de Ingeniero Mecánico). Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo. 154 pp. Disponible en: <https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/14694>.
- AMAMBAL, F. y HUATAY, C. (2018). Diseño de un plan de gestión de mantenimiento para mejorar la disponibilidad mecánica de la maquinaria pesada en la Empresa Martínez Contratistas e Ingeniería S.A. - Arequipa. Tesis (Título de Ingeniero Industrial). Cajamarca: Universidad Privada del Norte, 2018. 150 pp. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/14562>
- ANDREA, E. (2017). Open Course Ware, 2017 – Curso Tecnología Mineralúrgica. Universidad de Cantabria. Bloque II, Capítulo 8, Molienda. Disponible en: https://ocw.unican.es/pluginfile.php/693/course/section/703/8._molienda.pdf
- BUENAÑO, L., VILLAGRÁN, W. y SANTILLÁN, C. (2019). Utilización de la auditoría de mantenimiento y el análisis de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad (CMD) como herramientas para la identificación de problemas en la gestión de mantenimiento de locomotoras en empresas de ferrocarriles. Revista Científica FIPCAEC, 4(4), 171-198.
- CAMPOS, I. (2018). Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad para incrementar la rentabilidad en la Empresa de Transporte Sayvan E.I.R.L. Tesis (Título de Ingeniero Industrial). Chiclayo: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, 136 pp. Disponible en: <https://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/1751>
- CAMPOS, O., TOLENTINO, G., y TOLENTINO, R. (2019). Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, base de datos y criticidad de efectos. Científica, 23(1), 51-59. ISSN 2594-2921. Disponible en: https://cuauj.net/manuscritos/V23N1_051_059.pdf

- CMMS. (2021). Los objetivos de la Gestión del Mantenimiento. Disponible en: <https://cmms.pe/objetivos-de-la-gestion-de-mantenimiento-2/>
- DE LA ROSA, C. y TORRES, S. (2020). Diseño de un plan de gestión de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de los equipos de bombeo en una planta minera. Tesis (Título de Ingeniero Industrial). Cajamarca: Universidad Privada del Norte. 99 pp. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/24370>
- DICCIONARIO de la Lengua Española. Calidad. (2021). Disponible en: <https://dle.rae.es/calidad?m=form>
- ESPINOSA, J. et al. (2020). Contribución del mantenimiento centrado en la confiabilidad para el estudio de fallos a equipos consumidores de energía eléctrica. Centro Azúcar. 47(1), 22-32. Disponible en: <http://libmast.utm.my/Record/doi-art-3576e1a9157e436797e2d50916948ea8>
- ESPINOZA, J. (2018). Plan de gestión de mantenimiento preventivo de maquinaria pesada para incrementar la disponibilidad de equipos en la Empresa Cenfomin Educacion SAC. Cajamarca - 2018. Tesis (Título de Ingeniero Industrial). Chiclayo: Universidad César Vallejo. 90 pp. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/30040>
- GARCIA, A. (06 de mayo de 2019). Qué es impacto ambiental negativo y positivo con ejemplos. [fecha de consulta: 16 de marzo de 2021]. Disponible en: <https://www.ecologiaverde.com/que-es-impacto-ambiental-negativo-y-positivo-con-ejemplos-1512.html>
- GARCÍA, J., CÁRCEL, J., y MENDOZA, J. (2019). Importancia del mantenimiento, aplicación a una industria textil y su evolución en eficiencia. 3C Tecnología. 8(2), 50-67. Disponible en: https://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2019/06/3C-TECNO-ED.-30_VOL.-8_N%C2%BA-2_art-3-1.pdf
- GONDRES, I., LAJES, S., y DEL CASTILLO, A. (2018). Gestión del mantenimiento a interruptores de potencia. Estado del arte. Ingeniare. Revista chilena de ingeniería. 26(2), 192-202. Disponible: <https://www.scielo.cl/pdf/ingeniare/v26n2/0718-3305-ingeniare-26-02-00192.pdf>
- GONZÁLES, J. et al. (2018). Mantenimiento industrial en máquinas herramientas por medio de AMFE. Revista Ingeniería Industrial. 17(3), 209-225.
- GUERRA, E., y MONTES, R. (2019). Relationship between the productivity, the maintenance and the replacement in the large mining. Boletín de Ciencias de la Tierra 45, 14-21. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6812114>

- IMÁN, M. y REQUE, J. (2020). Gestión de mantenimiento para incrementar la eficiencia global de los equipos de la empresa Tablenorte S.A.C. La Victoria-Sede Principal. Tesis (Título de Ingeniero Industrial). Pimentel: Universidad Señor de Sipán, 127 pp. Disponible en: <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/7814>
- LINARES, V. UF2238: (2015). Diagnóstico de averías y mantenimiento correctivo de sistemas de automatización industrial. IC Editorial.
- MACEDO, D. y LÓPEZ, F. (2020). Modelo de gestión de mantenimiento para mejorar la disponibilidad en equipos subterráneos en una empresa de mediana minería en Ayacucho-Perú, utilizando RCM. Tesis (Título de Ingeniero Industrial). Lima: de Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 190 pp. Disponible en: https://upc.aws.openrepository.com/bitstream/handle/10757/653812/Macedo_ND.pdf
- MANEJO Ambiental a los componentes de la CP. (10 de Setiembre de 2013). Manejo de los componentes del computador. [fecha de consulta: 10 de Abril de 2021] Disponible en: <http://manejodecomponentesdelpc.blogspot.com/2013/09/manejoambiental-se-denominaplan-de.html>
- MENDOZA, A. (2019). Proyecto de Implementación de una Planta de Óxidos de Cobre de 220 TMPD en el distrito de Yarabamba. Tesis (Ingeniero Metalurgista). Arequipa Universidad Nacional de San Agustín. 79 pp. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/8689>
- MOSCOSO, C. et al. (2019). Integral Model of Maintenance Management Based on TPM and RCM Principles to Increase Machine Availability in a Manufacturing Company. International Conference on Human Interaction and Emerging Technologies, 878-884.
- OBESO, A., YAYA, J., y CHUCUYA, R. (2020). Implementación del mantenimiento productivo total en la mejora de la productividad y mantenibilidad del proceso de harina de pescado. INGnosis Revista de Investigación Científica. 5(2), 126-138. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/339219265_Implementacion_del_Mantenimiento_Productivo_Total_en_la_mejora_de_la_productividad_y_mantenibilidad_d_el_proceso_de_harina_de_pescado/citation/download
- OKWUOBI, S. et al. (2018). Reliability-Centered Maintenance Study for an Individual Section-Forming Machine. Machines. 6(50), 1-17

- ORTEGA, E. (2005). Handling and Processing of Food Powders and Particulars. En C. Onwulata, Encapsulated and Powdered Foods. Taylor & Francis Group. 75-144.
- PALOMINO, A. et al. (2020). TPM Maintenance Management Model Focused on Reliability that Enables the Increase of the Availability of Heavy Equipment in the Construction Sector. The 9th AIC 2019 on Sciences & Engineering 796, 2-11.
- PÉREZ, L., CARDERO, y GARCELL, L. (2019). Modelo matemático para describir la distribución granulométrica de la fase dispersa de las suspensiones de laterita. Tecnología Química. 24, 83-91.
- PINTO, K. (2021). Análisis de los factores de estimación de competencia del mineral para la predicción del comportamiento mineralógico durante la molienda. Tesis (Título de Ingeniero Metalúrgico). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. 97 pp. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12773/13766/IMpihukl.pdf>
- PRETELL, C. (2021). Gestión del mantenimiento del área de molienda de una minera aurífera aplicando el TPM para mejorar su eficacia. Tesis (Título de Ingeniero Mecánico). Arequipa: Universidad Nacional de Trujillo. 98 pp. Disponible en: <https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/16733/PRETELL%20RODRIGUEZ.pdf>
- REINA, F. et al. (2017). El mantenimiento predictivo, eficaz para sistemas eléctricos de potencia. Polo del Conocimiento. 14(2), 134-144.
- SALAZAR, A., y LOZADA, D. (2018). Optimización de una operación minera (geometalurgia) – caso de estudio Minereicis S.A. FIGEMPA: Investigación y Desarrollo. 1(1), 15-19. ISSN: 1390-7042
- THAWKAR, A., TAMBE, P., & DESHPANDE, V. (2018). A reliability centred maintenance approach for assessing the impact of maintenance for availability improvement of carding machine. International Journal of Process Management and Benchmarking. 8(3), 318-339. Disponible en: <https://www.inderscienceonline.com/doi/abs/10.1504/IJPMB.2018.092891>
- TORRES, E., GUANIPA, A., & MIJARES, J. (2017). Mejoras en el Proceso de Molienda de Minerales No Metálicos. Semilleros. 4(7), 22-43.
- VISCAÍNO, M. et al. (2019). Evaluación de la gestión del mantenimiento en hospitales del instituto ecuatoriano de seguridad social de la zona 3 del Ecuador. Ingenius. Revista de Ciencia y Tecnología. (22), 59-71. Disponible en: <http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/ing/n22/1390-650X-Ingenius-22-00059.pdf>

WAKIRU, J. et al. (2018). Maintenance optimization: Application of remanufacturing and repair strategies. *Procedia CIRP*. 69, 899-904.

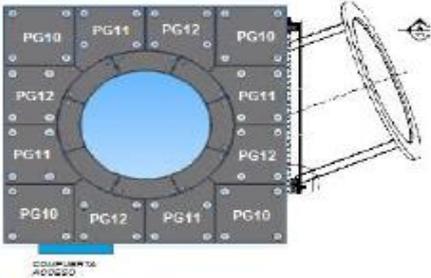
ZAMBRANO, J. y PÉREZ, J. (2021). Estudio de la aplicación del mantenimiento predictivo en motores diésel en la provincia de Manabí. *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología E Investigación*. 4(8), 96-116. Disponible en: <https://journalingeniar.org/index.php/ingeniar/article/download/67/93>

ANEXOS

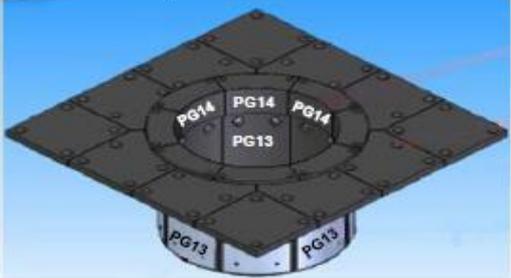
Anexo 1. Formato de inspección de circuito de Molinos alimentación

PM CHUTE DE TRANSFERENCIA 0310-MLB-0001

Equipo			OT	
Supervisor			Guardía	
Ejecutor			Fecha	

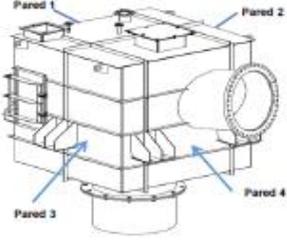


COMPONENTE
PG10
PG11
PG12
PG13
PG14 (BOQUILLA)

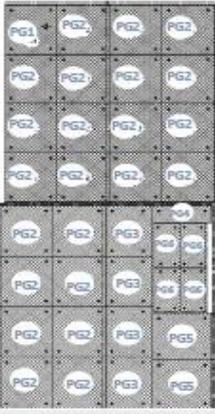


PISO CHUTE DE TRANSFERENCIA

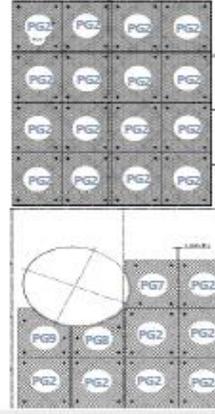
COMPONENTE	MANTENIMIENTO			CONDICION			COMENTARIO
	REVESTIMIENTOS	CAMBIO	REPARAC	ROTACION	NORMAL	SEMICRITIC	
	EJECUTADO	CANTIDAD					
PG-10						
PG-11						
PG-12						
PG-13						
PG-14 (BOQUILLA)						



Pared 1



Pared 2



PAREDES DEL CHUTE

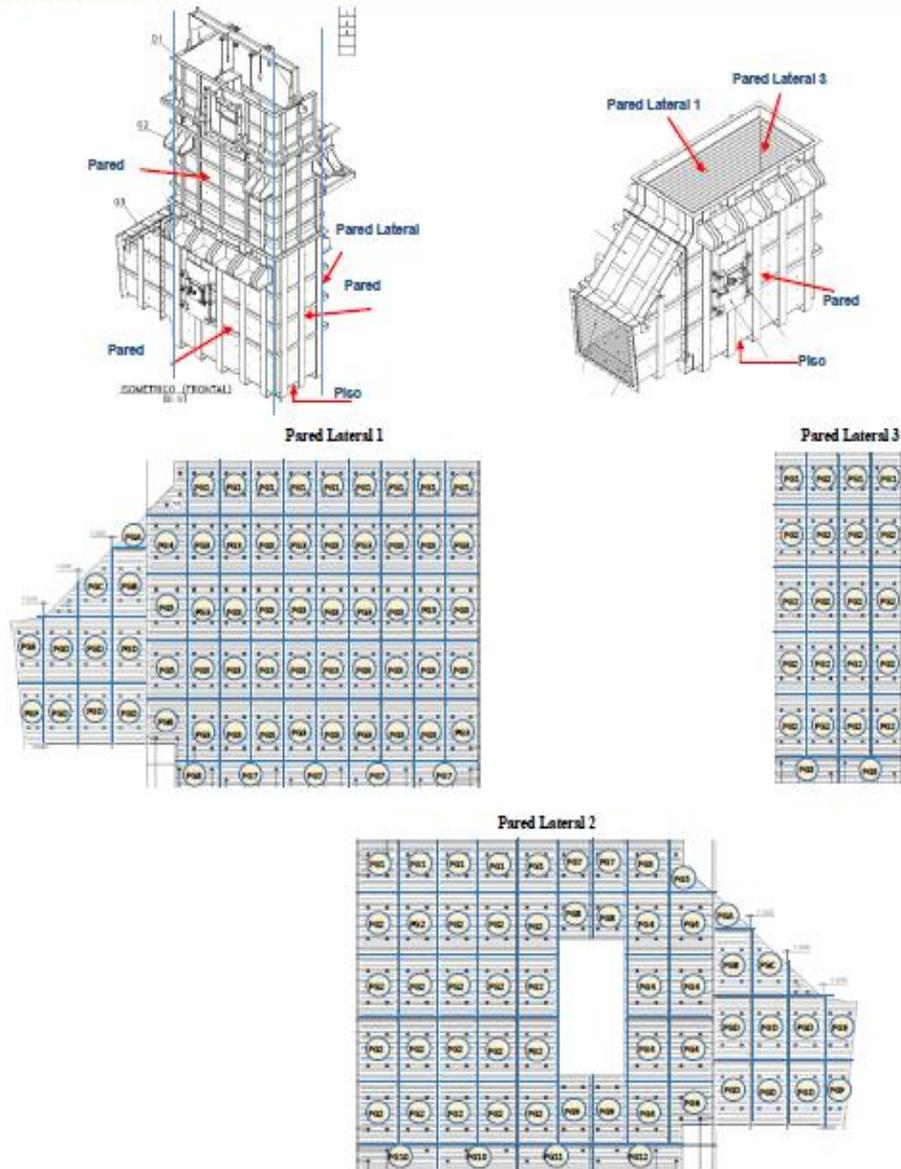
COMPONENTE	MANTENIMIENTO			CONDICION			COMENTARIO
	REVESTIMIENTOS	CAMBIO	REPARAC	ROTACION	NORMAL	SEMICRITIC	
	EJECUTADO	CANTIDAD					
PG-1						
PG-2						
PG-3						
PG-4						
PG-5						
PG-6						
PG-7						
PG-8						
PG-9						

Anexo 2. Formato de inspección de circuito de Molinos descarga

CHUTE DE DESCARGA MOLINO DE BOLAS 1

Equipo			OT	
Supervisor			Guardia	
Ejecutor			Fecha	

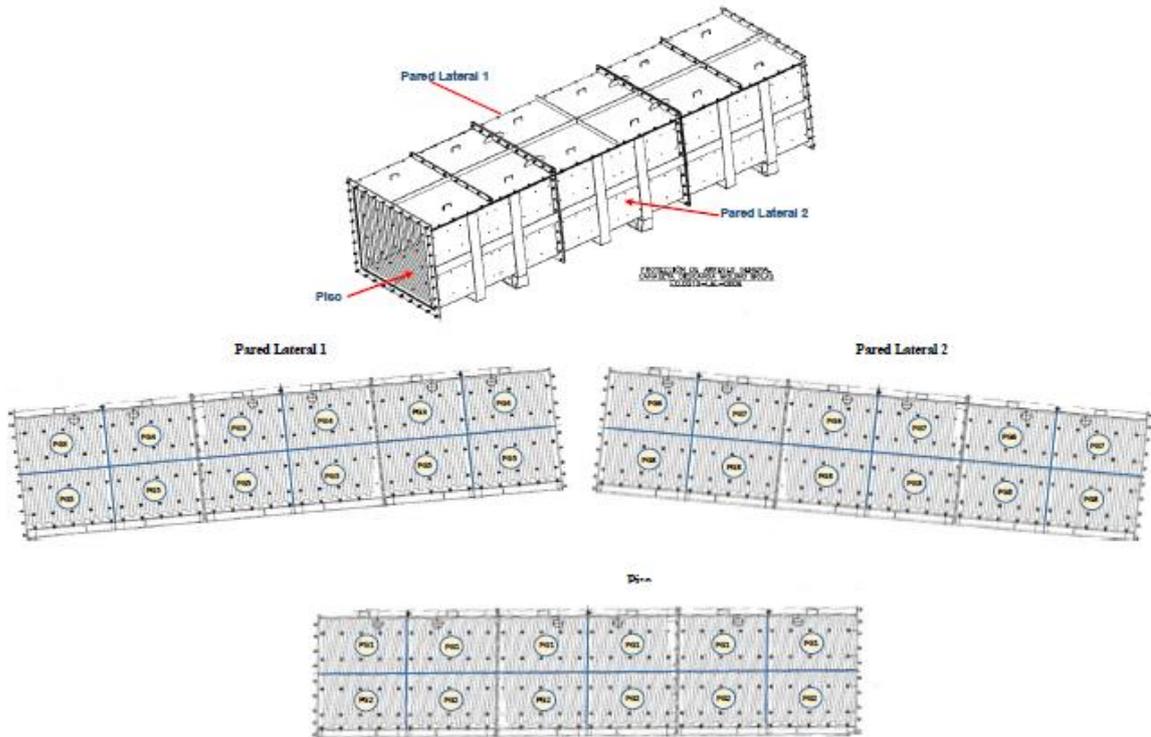
ARREGLO GENERAL CHUTE DE DESCARGA



Anexo 3. Formato de inspección de circuito de Molinos Canaletas

CANALETA DE DESCARGA MOLINO DE BOLAS 1				
Equipo			OT	
Supervisor			Guardia	
Ejecutor			Fecha	

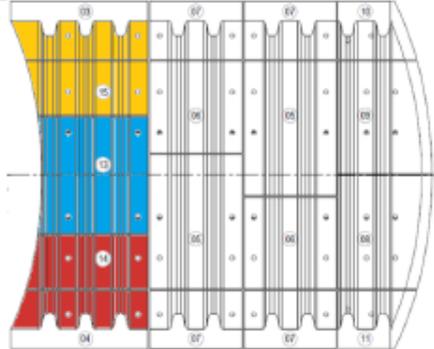
ARREGLO GENERAL CANALETA DE DESCARGA



Anexo 4. Formato de inspección de circuito de Molino SAG chute de alimentación

PM CHUTE DE ALIMENTACION MOLINO SAG			
Equipo			OT
Supervisor			Guardia
Ejecutor			Fecha

RESBALON CHUTE DE ALIMENTACION

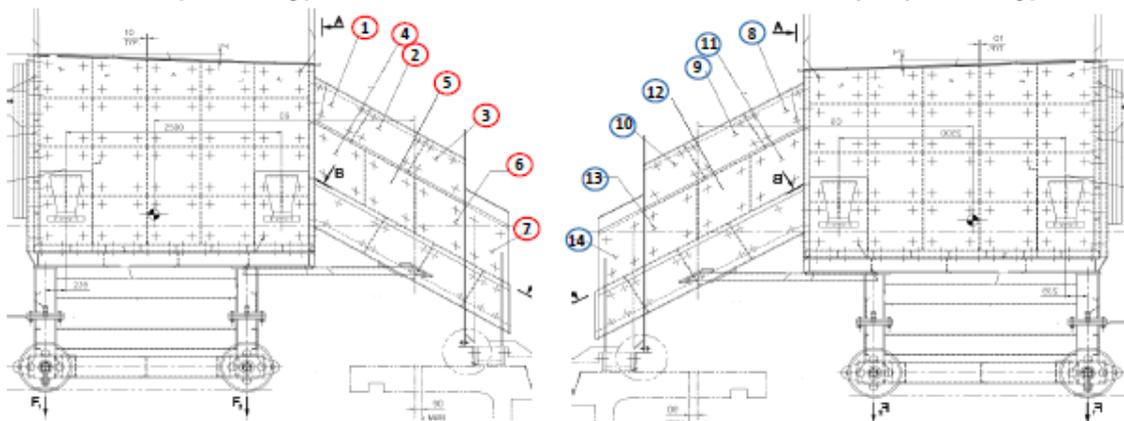


COMPONENTE		MANTENIMIENTO			CONDICION			COMENTARIO
ANILLO	ITEM	CAMBIO		EN OBSERVACION	NORMAL	SEMICRITICA	CRITICA	
		SI	NO					
1ER ANILLO	03							
1ER ANILLO	16							
1ER ANILLO	13							
1ER ANILLO	14							
1ER ANILLO	04							
2DO ANILLO	07							
2DO ANILLO	08							
2DO ANILLO	06							
2DO ANILLO	07							
3ER ANILLO	07							
3ER ANILLO	06							
3ER ANILLO	08							
3ER ANILLO	07							
4TO ANILLO	10							
4TO ANILLO	08							
4TO ANILLO	08							
4TO ANILLO	11							

PAREDES LATERALES CHUTE MOVIL

Pared Lateral Derech (Sentido de la carga)

Pared Lateral Izquierda (Sentido de la carga)



PAREDES DEL CHUTE

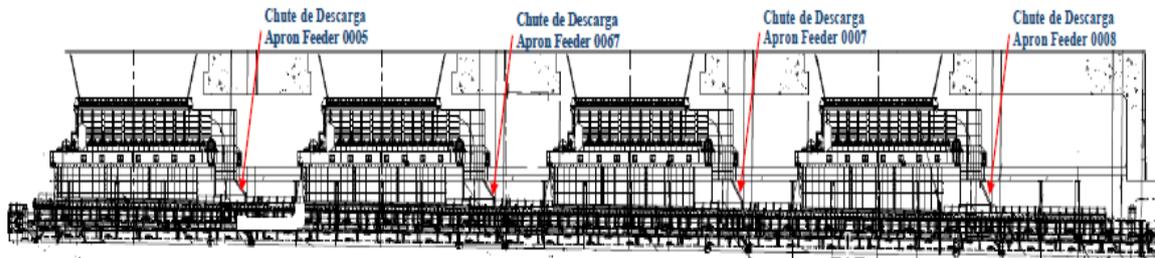
COMPONENTE	MANTENIMIENTO		COMPONENTE	MANTENIMIENTO		COMENTARIO
REVESTIMIENTOS	CAMBIO		REVESTIMIENTOS	CAMBIO		
PARED LATERAL DERECHA	SI	NO	PARED LATERAL IZQUIERA	SI	NO	
L-1			L-8			

Anexo 5. Formato de inspección de los Apron Feeder

CHUTE DE ARRASTRE FAJA CVB-0005

Equipo			OT
Supervisor			Guardia
Ejecutor			Fecha

ARREGLO GENERAL CHUTE DE ARRASTRE FAJA 5

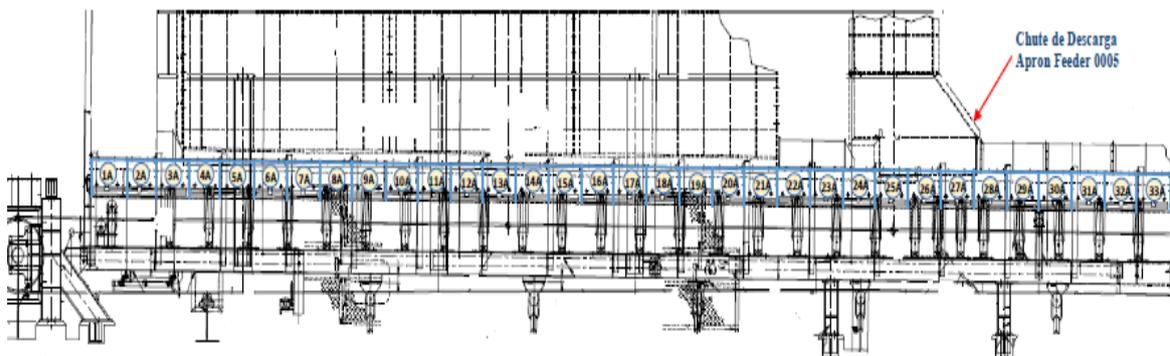


CHUTE DE ARRASTRE (DESCARGA FEEDER FEA-005)

COMPONENTE	MANTENIMIENTO			COMPONENTE	MANTENIMIENTO			COMPONENTE	MANTENIMIENTO			
	CHUTE ARRASTRE	CAMBIO			CHUTE ARRASTRE	CAMBIO			CHUTE ARRASTRE	CAMBIO		BUEN ESTADO
		A	B			A	B			A	B	
1				12				23				
2				13				24				
3				14				25				
4				15				26				
5				16				27				
6				17				28				
7				18				29				
8				19				30				
9				20				31				
10				21				32				
11				22				33				

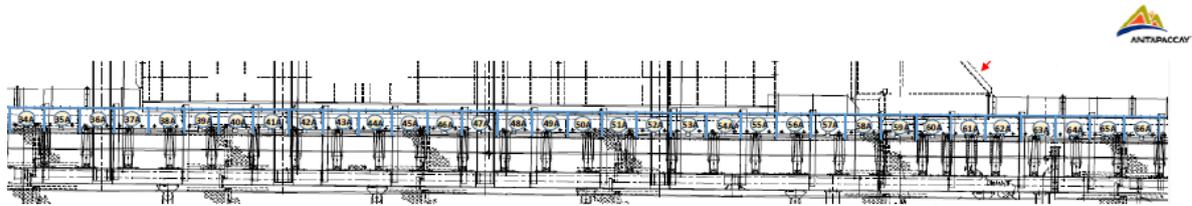
* En los recuadros blancos indicar el liner cambiado: Liner A (Lado derecho en dirección de la carga), Liner B (lado izquierdo en dirección de la carga)

* En el grafico marcar con una X los liners cambiados.



Anexo 6. Formato de inspección y cambio de polines de las fajas transportadoras

COMPONENTE			MANTENIMIENTO			COMPONENTE			MANTENIMIENTO			
CHUTE ARRASTRE			CAMBIO		BUEN ESTADO	CHUTE ARRASTRE			CAMBIO		BUEN ESTADO	
	A	B							A	B		
34						45						56
35						46						57
36						47						58
37						48						59
38						49						60
39						50						61
40						51						62
41						52						63
42						53						64
43						54						65
44						55						66



CUADRO DEL CAMBIO DE POLINES

ITEM	TIPO DE POLIN		N° DE BASTIDOR	MARCA DE POLIN	POSICION DE LOS POLINES			PROBLEMA	OBSERVACION
	B	B			I	C	D		
1	X		501	ULMA		X		2	incremento de ruido
3	X		563	ULMA	X			1	falla de rodamiento
4	X		663	ULMA	X		X	1	falla de rodamiento
5	X		698	ULMA	X			2	incremento de ruido
6	X		649	ULMA	X	X		2	incremento de ruido
7	X		858	ULMA		X		4	incremento de temperatura
8	X		859	ULMA		X	X	1	falla de rodamiento
9	X		884	ULMA	X			1	falla de rodamiento
10	X		914	ULMA	X	X		1	falla de rodamiento
11	X		955	ULMA	X			1	falla de rodamiento
12	X		956	ULMA	X	X		1	falla de rodamiento
13	X		1031	ULMA		X		1	falla de rodamiento
14	X		1038	ULMA		X		1	falla de rodamiento
15	X		1081	ULMA		X		2	incremento de ruido
16	X		1235	ULMA	X			2	incremento de ruido
17	X		1335	ULMA	X			2	incremento de ruido
18	X		1825	ULMA		X		1	falla de rodamiento
23	X		2567	ULMA	X			1	falla de rodamiento
24	X		2664	ULMA			X	1	falla de rodamiento
26	X		2673	ULMA			X	1	falla de rodamiento
34	X		1469	ULMA	X			1	falla de rodamiento
35	X		1470	ULMA			X	3	incremento de vibracion
36	X		1531	ULMA	X			2	incremento de ruido
37	X		1556	ULMA	X			1	falla de rodamiento
38	X		1590	ULMA		X		1	falla de rodamiento
39	X		1594	ULMA		X		1	falla de rodamiento
40	X		1602	ULMA		X	X	1	falla de rodamiento
41	X		1700	ULMA		X		1	falla de rodamiento
54	X		2079	ULMA	X			1	falla de rodamiento
55	X		2080	ULMA	X			1	falla de rodamiento
56	X		2246	ULMA	X			1	falla de rodamiento
57	X		2274	ULMA	X			1	falla de rodamiento
58	X		2425	ULMA	X			1	falla de rodamiento
59	X		2567	ULMA	X			1	falla de rodamiento
60	X		2664	ULMA			X	1	falla de rodamiento
61	X		2673	ULMA			X	1	falla de rodamiento
62	X		2748	ULMA	X			2	incremento de ruido
63	X		2762	ULMA			X	1	falla de rodamiento
64	X		2865	ULMA			X	1	falla de rodamiento
65	X		2905	ULMA			X	4	incremento de temperatura

Anexo 8. Encuesta

ENCUESTA DE SERVICIOS DE MANTENIMIENTO			
Nombre del encuestado:		Fecha de encuesta	
Nombre de la empresa:		Lugar	
Cargo en la Empresa:		Tiempo en la empresa	
1	¿cuanto tiempo llevas realizando mantenimiento de planta concentradora?		
2	¿Cuánto tiempo llevas en el cargo?		
3	¿Cuánto personal estas a cargo?		
4	¿Qué problemas has tenido en el area de Molienda?		
5	¿Cuántos reclamos has tenido por parte del cliente?		
6	¿Qué deficiencias has encontrado en el area de molinos?		
7	¿Cómo sustentas la falta de capacidad tecnica en el mercado por que el personal tecnico no tiene experiencia?		
8	¿Qué area crees que tiene mas problemas en la ejecucion del mantenimiento?		
9	¿Comentarios al tener un indice alto de fallas mecanicas como afrontas los proximos mantenimientos?		
10	¿Qué problemas tienes en el nivel tecnico del personal operativo?		
11	¿Qué comentarios darias para la mejora de la gestion de mantenimiento preventivo en las paradas de planta?		
12	¿Qué comentarios brindarias para la mejora de los tecnicos que realizan el mantenimiento en una planta concentradora?		
13	¿Qué comentarios darias en mejorar el mantenimiento del area de Molienda?		
14	¿Qué concepto tienes de lo importante de la disponibilidad de los equipos y en que influye en su proceso productivo?		
15	¿Qué comentarios darias si aumentas la disponibilidad de los equipos del area de molinos?		
16	¿Qué comentarios darias si se aumenta la disponibilidad, serian mas confiables, como quedaria la manteanibilidad de cada equipo?		
17	¿Qué comentarios darias si se implementa un equipo preventivo de los elementos de desgaste de mayor rotacion de los circuitos, equipos del area de Molinos?		
18	¿Comentarios y recomendaciones que se brinda despues del mantenimiento?		
19	¿Comentarios de que planes de accion usted realizo para mejorar el plan de mantenimiento?		
20	¿Comentarios de mejoras realizadas en los mantenimientos?		