



**Universidad
Continental**

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial

Trabajo de Investigación

**Propuestas de mejora para el proceso de cambio
de revestimientos para el molino de bolas en el área
de concentradora en una empresa minera,
Arequipa, 2018**

Juan Carlos Muñoz Ramirez

Arequipa, 2019

Para optar el Grado Académico de Bachiller
en Ingeniería Industrial



Repositorio Institucional Continental

Trabajo de Investigación



Obra protegida bajo la licencia de [Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/peru/)

ASESORA

Mg. Leydi Beatriz Manrique Tejada

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento profundo a las personas que hacen realidad este logro, por el apoyo constante, por el impulso y deseos sinceros de ver concluido un proyecto, pese a las adversidades y poder decir: TODO SE PUEDE. Agradezco a mi familia por su paciencia, tiempo y comprensión, pues sin ello, esto no sería posible; agradezco a mis asesores, docentes y a la Universidad Continental.

DEDICATORIA

Dedico la presente a mi familia, por ser la razón de mis esfuerzos y mi deseo de superación constante y a todos los que me enseñaron que sin ESFUERZO no hay GLORIA.

INDICE DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA	iii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT	ix
INTRODUCCIÓN.....	x
CAPÍTULO I.....	1
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	1
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
A) PROBLEMA GENERAL.....	2
1.3.- HIPOTESIS Y DESCRIPCIÓN DE VARIABLES.....	5
CAPÍTULO II.....	6
MARCO TEÓRICO	6
2.2.- BASES TEORICAS	35
2.3.- DEFINICION DE TERMINOS BASICOS.....	54
CAPÍTULO III.....	55
METODOLOGIA	55
METODOLOGÍA APLICADA PARA EL DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN.....	56
CAPÍTULO IV	57
ANALISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCION	57
4.1.-ANALISIS, REQUERIMIENTO Y SOLUCIÓN.....	58
4.2.-PRIMERA PROBLEMÁTICA:	59
4.3.-SEGUNDA PROBLEMÁTICA:	61
4.4.-TERCERA PROBLEMÁTICA:.....	63
4.5.-CUARTA PROBLEMÁTICA:	66
CONCLUSIONES	71
RECOMENDACIONES	73
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Datos Básicos	13
Tabla 2 Lista de partes de los Revestimientos.....	16
Tabla 3 Equipos de protección personal.....	19
Tabla 4 Lista de Equipos	20
Tabla 5 Lista de Herramientas.....	20
Tabla 6 Lista de Materiales.....	21
Tabla 7 Personal mínimo requerido	29
Tabla 8 Equipos de Protección Personal requerido	29
Tabla 9 Equipos requeridos	30
Tabla 10 Herramientas requeridas.....	31
Tabla 11 Repuestos y Materiales.....	32

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Vista General Planta Concentradora.....	09
Figura 2 Molinos usados en minería	11
Figura 3 Descripción del Molino de Bolas	14
Figura 4 Revestimientos del Molino de Bolas.	15
Figura 5 Distribución de revestimientos	17
Figura 6 Equipos de protección personal.....	19
Figura 7 Demarcación para cambio de revestimientos de tapas	34
Figura 8 <i>Delimitación de nivel inferior del molino de bolas (nivel de salas de lubricación).</i>	34
Figura 9 Chute de Alimentación de Molino en Concentradora	35
Figura 10 Demarcación previa a retiro de chute.....	35
Figura 11 <i>Posición final de chute e instalación de barrera</i>	36
Figura 12 Tapa de carrete de alimentación.....	37
Figura 13 Instalación de Tapa.....	37
Figura 14 Desmontaje de Sello Sandwich.....	38
Figura 15 Demarcación para el Retiro de Sello Sandwich	39
Figura 16 Retiro de Sello Sandwich Utilizando Montacargas	39
Figura 17 Posición final de enlainadora	40
Figura 18 Posición de amarre de enlainadora.....	41
Figura 19 Thunderbolt para botar revestimientos en molino de bolas	43
Figura 20 Ganchos	44
Figura 21 El gancho no debe tener contacto con la grapa	44
Figura 22 Distribución de liner al interior del molino.	45
Figura 23 Revestimientos de la tapa de descarga.	46
Figura 24 . FE & DE End Outer Liners	46
Figura 25 Horario de trabajo en planta concentradora.	58
Figura 26 Horario de trabajo con las horas incrementadas	59
Figura 27 Horario de trabajo con propuesta de mejora: Relevó en Caliente	60
Figura 28 Tiempos Muertos durante el proceso del cambio de revestimientos del molino de bolas.....	61
Figura 29 Simulación de las plataformas desmontables y anillos del molino con tiempos de demora.	62

Figura 30 Plataformas usadas durante el proceso del cambio de revestimientos del molino de bolas	64
Figura 31 Personal laborando durante el proceso del cambio de revestimientos del molino de bolas	64
Figura 32 Plataformas utilizadas	65
Figura 33 Plataformas que deberían usarse	65
Figura 34 Mecánicos divididos en dos grupos	66
Figura 35 Un quinto mecánico como propuesta de mejora	68
Figura 36 Retiro de tuercas, arandelas, gomas de arandelas y botado de pernos	68
Figura 37 Tuercas, arandelas, gomas de arandelas y botado de pernos	69
Figura 38 Medidas de liners dispares.....	70

RESUMEN

En la minería continuamente se realizan cambios o mejoras acordes a las operaciones realizadas y a los equipos empleando, buscando siempre aumentar la productividad reduciendo costos; para el caso de los molinos de bolas usado en grandes plantas concentradoras lo que se quiere es su mantenimiento óptimo en los cambios de liners, ello para asegurar su conservación y funcionamiento.

Una planta concentradora en empresas mineras, tiene una capacidad de producción de 140,000 toneladas por día de mineral aproximadamente, siendo que el cambio de revestimientos es una operación que se realiza obligatoriamente y anualmente en cada molino; ésta operación no perjudica la producción pero si podría optimizarse ahorrando costos a la empresa minera, por lo que el objetivo de la presente investigación es diseñar propuestas de mejora para el proceso de cambio revestimientos para el molino de bolas en el área de concentradora en una empresa minera, Arequipa 2018.

La metodología de investigación a aplicarse obedece a un método analítico y sintético, Descriptivo y explicativo pues permite investigar el manejo y operación de un área en minería dedicada a operaciones internas de suma importancia.

En el primer capítulo, se establece el problema de investigación, los objetivos y la justificación. En el segundo capítulo se abarca la parte teórica definiendo conceptos claves y teorizando el proceso del cambio de revestimientos de los molinos de bolas, sentando las bases de las mismas, así como la descripción del proceso de cambio de revestimientos en su parte operativa. En el tercer capítulo se abarca el alcance de la investigación, su diseño y técnicas a utilizar. El cuarto capítulo trata sobre el análisis y diseño de la solución realizando aquí el diagnóstico del área de planta concentradora en mina y de la operación del cambio de revestimientos de los molinos de bolas analizando sus problemáticas, estableciendo los requerimientos y proponiendo las mejoras.

Posteriormente, culminamos con las conclusiones y recomendaciones a la empresa minera, advirtiendo del estudio realizado que de los muchos procesos u operaciones en minería existentes podemos hallar situaciones diversas que requieren mejoras y soluciones, que si bien no podrán ser implementadas inmediatamente dejan a libertad el sentido crítico y deseo de innovación y superación en los trabajadores, quienes somos el principal soporte de toda empresa.

Palabras Clave: Optimización, Molino, Procesos, Mejora, Revestimientos.

ABSTRACT

In mining, changes or improvements are continually made according to the operations carried out and the equipment used, always seeking to increase productivity by reducing costs; For the case of the ball mills used in large concentrator plants what is wanted is their optimal maintenance in the liners changes, this to ensure their conservation and operation. A concentrator plant in mining companies, has a production capacity of approximately 140,000 tons per day of ore, since the change of coatings is an operation that is carried out compulsorily and annually in each mill; this operation does not harm the production but it could be optimized saving costs to the mining company, so the objective of this research is to design improvement proposals for the process of change coatings for the ball mill in the concentrator area in a company mining, Arequipa 2018. The research methodology to be applied obeys to an analytical and synthetic method, descriptive and explanatory, since it allows investigating the management and operation of a mining area dedicated to internal operations of great importance. In the first chapter, the research problem, the objectives and the justification are established. The second chapter covers the theoretical part defining key concepts and theorizing the process of change of coatings of the ball mills, laying the foundations of them, as well as the description of the coating change process in its operational part. The third chapter covers the scope of the research, its design and techniques to be used. The fourth chapter deals with the analysis and design of the solution making here the diagnosis of the concentrator plant area in the mine and the operation of the change of coatings of the ball mills analyzing their problems, establishing the requirements and proposing the improvements. Subsequently, we conclude with the conclusions and recommendations to the mining company, noting from the study conducted that of the many processes or operations in existing mining we can find different situations that require improvements and solutions, that although they can not be implemented immediately leave freedom to the sense critical and desire for innovation and improvement in workers, who are the main support of any company.

Key Words: Optimization, Mill, Processes, Improvement, Coatings.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación tiene como objetivo diseñar una propuesta de mejora para el cambio de revestimientos del molino de bolas en el área de concentradora de una empresa minera; además de establecer el procedimiento para el cambio de revestimientos del molino de bolas en planta concentradora de mina y describir la problemática del proceso de cambio de revestimientos del molino de bolas en planta concentradora.

Una planta concentradora trabaja el cobre, procesando en varias etapas el mineral hasta la obtención del Concentrado, el cual se utiliza en fundiciones u otras plantas para obtener así barras o lingotes; para la obtención de éste concentrado se pasa por diferentes etapas en donde se usan una serie de equipos que reducen el tamaño del cobre mediante un proceso de Conminución; aquí mediante la aplicación de fuerzas físicas se disminuye el tamaño de las rocas del mineral; utilizándose para ello dos tipos de equipos: los chancadores (o trituradores) y los molinos.

La presente investigación se ocupará de los molinos de bolas y de sus “*liners* de acero” o revestimientos, que forman parte del molino y actúan como protectores internos, los que a su vez se va desgastando con el tiempo, por el constante impacto interno y las fuerzas existentes entre la carga de mineral y las bolas de acero. Por este desgaste es las empresas mineras se ven en la necesidad de realizar mantenimientos preventivos, los cuales son programados, por ello se realizan periódicamente los servicios de “cambio de *liners* o revestimientos”, a través de las cuales las empresas mineras requieren de empresas especializadas que cubran ésta necesidad y cumplan con los tiempos establecidos y solicitados; pues si se extiende el tiempo para su mantenimiento ocasionaría pérdida de producción en la planta.

El cambio de revestimientos es una operación de mucho cuidado, su sólo cambio acarrea la paralización de la producción; por tal éstas operaciones deben de efectivizarse de manera rápida y con sumo cuidado por tal debe tenerse en cuenta todas las reglas en seguridad para salvaguardar la salud de los trabajadores como principal recurso en toda empresa.

La presente investigación se justifica socialmente porque el diseño de éstas propuestas de mejora generará cambios en la prestación del servicio, lo cual hará que la empresa o las futuras empresas que pretendan ofrecer éstos servicios se capaciten y aborden todos los vacíos o falencias que tuvo la primigenia, ocasionando con ello cambios que definitivamente impactará en la sociedad pues la capacitación debe ser constante y el

perfeccionamiento también.

Económicamente se justifica porque la rentabilidad y productividad definitivamente mejorarán, subsanando defectos que actualmente se presentan, siendo que la empresa minera definitivamente se verá beneficiada dado que el costo invertido en el cambio de revestimientos es de aproximadamente \$50 000.00 por hora.

Académicamente se justifica porque como Ingeniero Industrial debo plantear mejoras en los procesos; siendo la minería una de las principales actividades aportantes a la economía de Arequipa, resulta interesante y beneficioso conocer algo más de las operaciones que realiza, determinando algunos procesos que se hacen necesarios mejorar; comprobando que dentro del campo de la ingeniería industrial no puede haber un divorcio entre procesos y sectores empresariales sea cual fuere el rubro al que se dediquen.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El sector minero, principal fuente económica en la Región, tiene en Arequipa los mejores exponentes para el desarrollo de éste rubro, tornándose atractivo éste sector no solamente para el sector interno minero sino también para la parte externa, pues existen muchos beneficiados gracias a éste rubro que prestan servicios sin los cuales no sería posible el manejo y logro de muchas operaciones dentro de mina.

Las empresas mineras en Arequipa requieren de muchos servicios externos en todas las áreas de producción con las que cuenta; la presente investigación busca dar a conocer las operaciones en planta concentradora y dentro de ella una de las operaciones costosas que requiere esta empresa y que es prestada por terceros; analizando si la misma es prestada de manera eficiente y efectiva.

Una planta concentradora trabaja el mineral de cobre, siendo su objetivo procesar en varias etapas el mineral hasta la obtención del Concentrado, el cual luego es utilizado en fundiciones u otras plantas para tener así barras o lingotes; precisamente para la obtención de éste concentrado se pasa por diferentes etapas en donde se utilizan una serie de equipos que van reduciendo el tamaño del cobre mediante un proceso de Conminución; aquí mediante la aplicación de fuerzas físicas se disminuye el tamaño de las rocas del

mineral; para ello se utilizan dos tipos de equipos: los chancadores (o trituradores) y los molinos.

Dentro de los tipos de chancadores están los de mandíbulas, impacto, martillos y cono. Y dentro de los tipos de molino están los de Bolas, SAG o Semiautógeno, el molino vertical y Raymond.

Luego de la etapa de conminución el mineral pasa por otras etapas: la flotación, espesamiento y filtrado. Pero la presente quiere centrarse en los equipos utilizados en conminución, dentro de ellos, en los molinos de bolas utilizados en planta concentradora en minería y su cambio de revestimientos.

Los “*liners* de acero” o revestimientos, que forman parte del molino actúan como protectores internos, como una especie de chaqueta, la que a su vez se va desgastando con el tiempo, por el constante impacto interno y las fuerzas existentes entre la carga de mineral y las bolas de acero.

Precisamente por este desgaste las empresas mineras se ven en la necesidad de realizar mantenimientos preventivos, los cuales son programados, Por ello se realizan periódicamente los servicios de “cambio de *liners* o revestimientos”, a través de las cuales las empresas mineras requieren de empresas especializadas que cubran ésta necesidad y cumplan con los tiempos establecidos y solicitados; pues si se extiende el tiempo para su mantenimiento ocasionaría perdida de producción en la planta.

1.1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

A) PROBLEMA GENERAL

En mérito a lo esgrimido líneas arriba y dada la importancia de las distintas operaciones en minería y la búsqueda de mejorar la rentabilidad y producción en éste sector se pretende contestar la siguiente pregunta:

¿Puede una propuesta de mejora para el proceso de cambio de revestimientos de molinos de bolas reducir los tiempos de mantenimiento e incrementar la producción del molino en una empresa minera?

B) PROBLEMAS ESPECIFICOS

- a) ¿Puede una mejora en el proceso de relevo en caliente mejorar o reducir los tiempos de mantenimiento en planta concentradora en una empresa minera?
- b) ¿Puede la existencia de plataformas diseñadas a medida minorizar o reducir los tiempos de manteniendo en el área de concentradora en una empresa minera?
- c) ¿Logra una adecuada gestión de personal reducir los tiempos de manteniendo en el área de concentradora en una empresa minera?
- d) ¿Puede la estandarización de medidas de liners o revestimientos disminuir los tiempos de manteniendo en el área de concentradora en una empresa minera?

1.1.3.- OBJETIVOS

➤ OBJETIVO GENERAL

Diseñar propuestas de mejora para el proceso de cambio revestimientos para el molino de bolas en el área de concentradora en una empresa minera, Arequipa 2018.

➤ OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Conocer y precisar el servicio prestado por terceros para el cambio de revestimientos del molino de bolas en el área de concentradora en mina.
- Establecer el procedimiento para el cambio de revestimientos del molino de bolas en planta concentradora de mina.
- Describir la problemática del proceso de cambio de revestimientos del molino de bolas en planta concentradora de mina.
- Diseñar la propuesta de mejora para el proceso de cambio de revestimientos del molino de bolas en planta concentradora de mina.

1.2.- JUSTIFICACION E IMPORTANCIA

La presente investigación se justifica en que el proceso de cambio de revestimientos del molino de bolas en el área de concentradora en empresas mineras no cuenta con propuestas para mejorar éste servicio al interior de la mina, pudiendo obtenerse mayores beneficios con el diseño de las mismas, toda vez sólo hay una empresa contratista que

presta este servicio actualmente en mina.

Esta investigación se justifica en los siguientes factores:

Seguridad y Salud Ocupacional, pues el cambio de revestimientos es una operación de mucho cuidado y bien se dijo anteriormente que su sólo cambio acarrea la paralización de la producción; por tal éstas operaciones deben de efectivizarse de manera rápida y con sumo cuidado por tal debe tenerse en cuenta todas las reglas en seguridad para salvaguardar la salud de los trabajadores, tanto de la empresa tercerista como de los propios empleados de la empresa minera. Cabe mencionar que ocurrieron incidentes tiempos atrás con el uso de las plataformas movibles, las cuales se golpearon por su movilidad precisamente lo que pudo acarrear accidentes en los operarios, por ello es que una propuesta es tener plataformas fijas.

Socialmente se justifica porque el diseño de éstas propuestas de mejora generará cambios en la prestación del servicio, lo cual hará que la empresa o las futuras empresas que pretendan ofrecer éstos servicios se capaciten y aborden todos los vacíos o falencias que tuvo la primigenia, ocasionando con ello cambios que definitivamente impactará en la sociedad pues la capacitación debe ser constante y el perfeccionamiento también.

Económicamente se justifica porque la rentabilidad y productividad definitivamente mejorarán, subsanando defectos que actualmente se presentan, siendo que la empresa minera definitivamente se verá beneficiada dado que el costo invertido en el cambio de revestimientos es de aproximadamente \$50 000.00 por hora.

Académicamente se justifica porque como Ingeniero Industrial debo plantear mejoras en los procesos; siendo la minería una de las principales actividades aportantes a la economía de Arequipa, resulta interesante y beneficioso conocer algo más de las operaciones que realiza, determinando algunos procesos que se hacen necesarios mejorar; comprobando que dentro del campo de la ingeniería industrial no puede haber un divorcio entre procesos y sectores empresariales sea cual fuere el rubro al que se dediquen.

1.3.- HIPOTESIS Y DESCRIPCIÓN DE VARIABLES

A) HIPÓTESIS:

Con el diseño de propuestas de mejora para el proceso de cambio revestimientos del molino de bolas en el área de concentradora en empresas mineras se logrará reducir tiempos de mantenimiento y productividad del molino de Bolas.

B) VARIABLES E INDICADORES

-Variable Independiente

Propuestas de Mejora

-Variable Dependiente

Tiempo del Proceso de Cambio de Revestimiento del molino de bolas.

-Indicadores

Tiempos: horas/hombre

Productividad: Toneladas

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

El estudio de las bolas en molinos rotatorios de minas, se ha estudiado tiempo atrás aproximadamente en 1985; empero tales investigaciones se han referido en su mayoría al desgaste de las bolas de acero y no al cambio de revestimientos como pretende la presente investigación.

Se sabe que el cambio de revestimientos en minería definitivamente afecta la productividad de los equipos de las operaciones, del producto, de la eficiencia de las máquinas separadoras de tamaño y en genérico, de todas las diversas operaciones que tienen que ver con el proceso de molienda, produciendo con ello excedentes de costos y demoras en tiempos.

Respecto a la presente investigación no existe información en trabajos de investigación anteriores que aborden mejoras al proceso de cambio de revestimientos en molinos de bolas, lo que si hay son tesis que estudian a los molinos de bolas en sí pero desde un punto de vista mecánico no como proceso en cuanto al cambio de revestimientos que como proceso importa para la presente.

Austin (1984) y Austin y Concha (1994), conocedores chilenos del proceso de molienda han propuesto Modelos en su obra sobre Diseño y Simulación de Circuitos de Molienda y Conminución, acerca de los medios o equipos de molienda, pero sin embargo no hubo mucha difusión de su aplicación a nivel Industrial, pues solamente quedó a nivel teórico.

J. Sepúlveda en el año 2001 en una conferencia en Vancouver, propuso un Modelo Fenomenológico para Molienda Semiautógena, con base en el balance poblacional de repartimiento de partículas planteado por *J. Herbst*; y sobre ésta base una tesis de la Universidad Nacional de San Agustín ha propuesto en un trabajo de investigación la Simulación y Obtención de parámetros para la optimización de revestimientos de molinos SAG de la minera Constancia-Hudbay; es decir se cogieron experiencias que ya se fueron aproximando al estudio de los revestimientos en minería a nivel local.

-Heredia, H. en el año 2016 propuso la *Simulación y Obtención de parámetros óptimos para la optimización de revestimientos de molinos SAG de la minera Constancia-Hudbay*, (Tesis para optar el Título de Ingeniero Metalúrgico, Universidad Nacional de San Agustín, Perú). El objetivo de esta tesis es emplear los modelos fenomenológicos existentes y aplicables para la Molienda Semiautógena (SAG), pudiendo advertir la situación y operación de los medios de molienda al interior del molino, y pormenorizar sobre los supuestos teóricos y matemáticos que sirven de soporte al modelo por simulación, también permite conocer el efecto de la carga sobre los revestimientos.

-Ames, JC. (2016), *Plan Estratégico Para Los Servicios De Cambio de Revestimientos Molino SAG y Bolas en el Mercado Peruano* (Tesis para optar el grado de Magister en Administración, Universidad del Pacífico, Perú). El nicho de mercado de servicios, para esta tesis son los molinos grandes de 16 pies de diámetro aproximadamente (4.87 metros). Este sector en la minería crece en un 43% aproximadamente, por lo que debe ser aprovechado. Por ello se sugiere un cambio de estrategia del servicio “estrella”, enfocándose en los siguientes pilares: seguridad, tiempos de cumplimiento, compromiso social y confidencialidad, que sellarán la idea competitiva de la organización y con ello se espera que la empresa estudiada sea la mejor opción para sus clientes, quienes se verán favorecidos por el desarrollo de innovaciones en la cadena valor. Así, para cumplirse los objetivos hay necesidades de autofinanciamiento que son necesarios y éste cumplimiento debe darse con la compra de activos e inversión en recursos humanos y publicidad detallados a lo largo de ésta investigación.

El Modelo Fenomenológico fue aplicado exitosamente en empresas mineras chilenas. Así también la Simulación en los molinos rotatorios fue aplicándose cada vez con mayor interés

y tomando como cimiento las simulaciones propuestas en trabajos anteriores, *Raj. Rajamani profesor de la Universidad de Utah* implantó la Simulación DEM (*Método de los Elementos Discretos*); ésta en cambio es un tipo de simulación adelantada de utilidad vasta en la actualidad en la industria de la minería.

El presente trabajo desea aportar mejoras en el servicio prestado por empresas terceristas para el cambio de revestimientos del molino de bolas en el área de concentradora en minería, por lo que al respecto lo que abunda es más la información práctica que la teórica.

2.2.- BASES TEORICAS

2.2.1.- LA EMPRESA

Las empresas mineras arequipeñas tienen como finalidad desarrollar todo tipo de operaciones mineras sin excepción alguna, incluyendo la de explorar y explotar yacimientos mineros, beneficiar, disolver y retinar diversos minerales y metales; cabe precisar que, en la actualidad, las reservas mineras son los sulfuros secundarios, que se encuentran a tajo abierto, a un ritmo de aproximadamente 360.000 toneladas métricas diarias. Siendo que los cátodos de cobre son trasladados por camiones hasta el puerto de Matarani, de donde salen y se exportan a otros mercados, incluso internacionales.

Dentro de mina existen diferentes áreas como son concentradora, relaves, operaciones mina, entre otras tantas; siendo que la presente investigación se ocupará solamente de un área, esto es de la planta concentradora y dentro de ella del proceso de molienda, pues dentro de éste proceso es en donde se utilizan los Molinos de Bolas que estudiaremos y más específicamente el proceso de cambio de revestimientos que se aplican a éstos molinos.

2.2.2.- PLANTA CONCENTRADORA

Esta planta concentradora procesa mineral de sulfuro primario, proveniente de las minas de cobre y de molibdeno, a la fecha procesa aproximadamente 140 mil toneladas al día y produce como productos finales los concentrados de cobre y molibdeno.

Entre los equipos usados en concentradora se encuentran:

- Zarandas Húmedas.
- Bombas de ciclones.
- Hidrociclones.
- Molino de bolas.

- Celdas de flotación.
- Celdas columna.
- Remolienda.
- Espesador de bulk.
- Espesador de molibdeno.
- Espesador de cobre.
- Filtros de cobre.
- Planta Molibdeno.
- Entre otras más.



Figura 1. Vista General Planta Concentradora

Nota. Manual de molinos marca Polysius,

2.2.3.- PROCESO: LA MOLIENDA

Es el proceso a través del cual se reduce el tamaño del mineral de cobre incluso a menos de 0,2 milímetros, para que sea conveniente para la flotación. A éste mineral que viene del chancado se le adiciona agua y otros reactivos, y se lleva a los molinos de barra o de bolas según sea el caso. Luego los molinos ruedan y las barras o bolas según sea el molino muelen o trituran el mineral.

2.2.4.-EL MOLINO

Es un equipo diseñado para disminuir el tamaño de los minerales que se usan en minería, donde se tritura la ganga y luego mediante reactivos se separa los minerales. Éste es el paso último de la fragmentación, se trata de un cilindro de acero rotatorio, las bolas de acero de molienda llenan el molino; requieren de un mantenimiento y cambio de liners o

forros de acero que están cubiertas en torno al casco, considerados estos cambios como trabajos de alto riesgo con demanda de tiempo irreversiblemente.

2.2.4.1.-PARTES DEL MOLINO:

Son:

- **Cuerpo o casco del molino:** Diseñados para cargas pesadas en sus impactos, viene a ser la parte más grande que le corresponde a un molino, se construye de placas de acero forjado y se instala sobre dos chumaceras o cojinetes compactos de forma esférica.
- **Chumacera:** Es el soporte o columna del molino y el cimiento sobre el que gira el mismo.
- **Tapas:** Aguantan a los cascos y se encuentran unidos al trunión.
- **Forros o Chaquetas:** Protegen el casco del molino, opone resistencia al impacto de las bolas, la carga y los pernos; son de acero con gran resistencia a la tracción.
- **Trunión de Descarga:** Canal de descarga del mineral que se encuentra en pulpa, por aquí se nutre a las bolas para su uso.
- **Trommel:** Retiene las bolas esencialmente de aquellos que por mucho trabajo han sufrido desgaste.
- **Ventana de Inspección:** Está en el cuerpo del molino, mide lo necesario como para permitir el ingreso de una persona, aquí entra el personal para realizar cualquier reparación dentro del molino. Sirve también para cargar y descargar bolas nuevas; así como para revisar las condiciones en las que se encuentran las bolas y el blindaje del interior.



Figura 2. Molinos usados en minería

Nota. Manual de molinos marca Polysius,

2.2.5.-TIPOS DE MOLINOS USADOS EN MINERIA:

Se encuentran:

- Molino de bolas: Se usa para pulverizar el mineral que proviene de un proceso de machaqueo; reduce a polvo éste último por medio de la rotación de un tambor que contiene bolas de acero.
- Molino de barras: Reduce a polvo el mineral mediante el giro de un tambor que contiene barras de acero.
- Molino de martillos: Reduce la mena de forma granulométrica; funciona mediante el giro de un eje al que están contiguos martillos de unas aleaciones duras.

2.2.6.-MOLINO DE BOLAS:

El molino de bolas tritura y muele muchos tipos de minerales y rocas durante la explotación minera; además es utilizado para la selección de minas. Son ampliamente utilizados en la industria minera, industria de construcción e industria química. Pueden usarse dos técnicas de pulverización: el pulverizado tipo seco y el pulverizado tipo húmedo.

El molino de bolas tiene formas; puede ser de tipo tubular o fluente dependiendo esto de la forma en que el material es descargado. Contiene un barril que tiene mecanismos de pulverización. Aquí se carga el material para ser pulverizado. El molino de bolas rota a una

velocidad determinada, causando el choque del material convirtiéndolo en polvo, esto demora varias horas; pero mientras más largo sea el funcionamiento del molino de bolas, más fino será el polvo que se obtiene.

2.2.6.1.-Partes principales del molino de bolas:

- La carcasa del molino
- El dispositivo móvil de entrada (chute de alimentación)
- La descarga
- El revestimiento del molino
- La unidad de transmisión del molino
- Los frenos
- Los conjuntos de rodamientos del molino
- Los sistemas de lubricación de rodamientos

2.2.6.2.-Funcionamiento del molino de bolas:

Funciona por el giro del cilindro con bolas de acero. La rotación suele ser de 4 a 20 revoluciones por minuto, ello depende de la capacidad de la planta concentradora. Trabaja bajo un sistema cerrado, y aquí el molino es alimentado por el cajón de alimentación; tenemos el overflow de la batería de ciclones, agua de proceso, los reactivos y bola de molienda.

Las bolas de acero, colman el molino, hasta un promedio aproximado de 35% del cuerpo y la pulpa llena el vacío dejado entre las bolas, cubriendo un 35% a 45 % del cuerpo del mismo.

Cuando el molino gira sobre sus chumaceras por acción del motor, las bolas junto con el mineral son elevados por acción de rotación y por la forma ondulada de los revestimientos interiores.

El mineral en conjunto con las bolas de acero, sube hasta cierta altura, de donde luego caen, girando y/o golpeándose entre sí y contra los revestimientos. El ciclo se repite, vuelven a subir y bajar el mineral junto con las bolas, y se da el proceso de molienda.

2.2.6.3.-Datos básicos del Molino de Bolas utilizado en minería:

Algunos datos básicos de los molinos de bolas utilizados en minería son los siguientes:

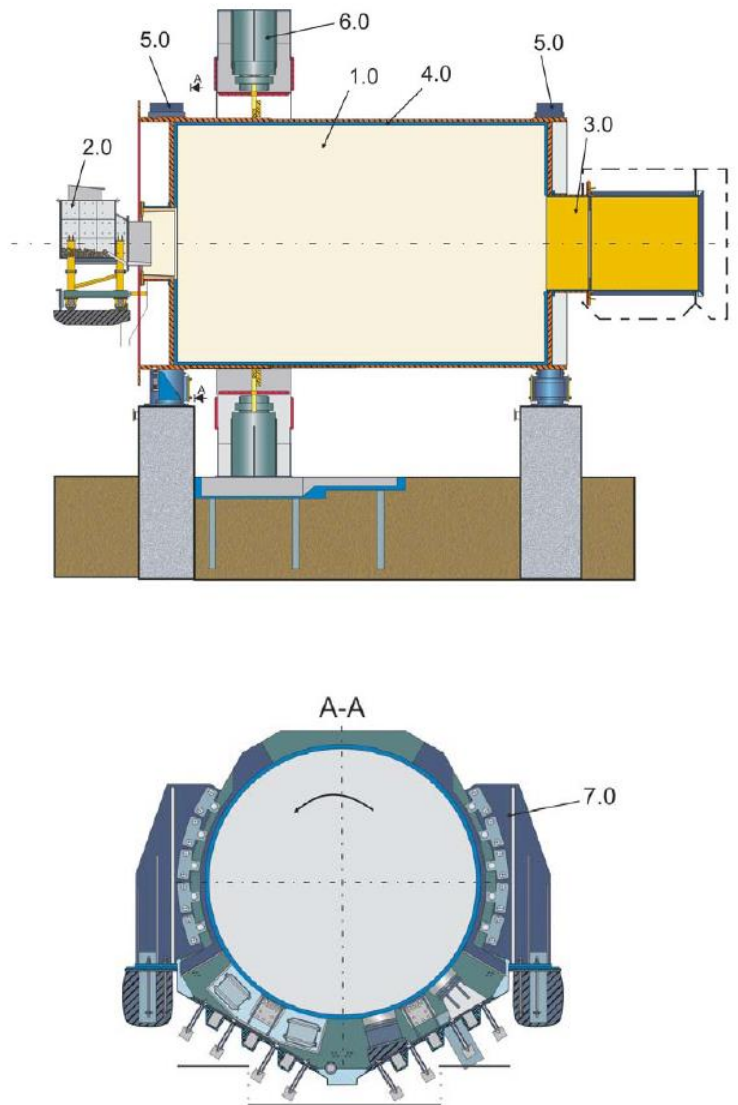
Tabla 1.

Datos Básicos

Datos Básicos del Molino de Bolas	
Marca	Polysius
Año de construcción	2005 aprox.
Diámetro	7300 mm
Longitud nominal	11000 mm
Rendimiento de paso	20025 t/h
Grado total de llenado de la cámara de molienda	38 %
Emisiones sonoras	85 dB(A)

Nota. Manual de molinos marca Polysius,

2.2.6.4.- Descripción gráfica de los componentes del molino de bolas:



ITEM	DESCRIPCIÓN
1.0	Cuerpo del molino
2.0	Entrada
3.0	Salida
4.0	Blindaje del molino
5.0	Cojinete del motor
6.0	Accionamiento del molino
7.0	Freno

Figura 3. Descripción del Molino de Bolas

Nota. Manual de molinos marca Polysius,

2.2.7.-REVESTIMIENTOS DEL MOLINO DE BOLAS

Los molinos son revestidos con revestimientos de metal duro fundido (acero aleado al cromo y molibdeno) los cuales incluyen conjuntos completos de carcasa y cilindros de entrada de la alimentación. Los revestimientos incluyen pedazos de revestimientos empernadas en las esquinas de las carcasas. El cilindro de descarga está revestido con caucho vulcanizado en las estructuras de acero. Un material de refuerzo para el revestimiento de caucho es fijado a la carcasa del molino, placas tubulares y cilindro de entrada de la alimentación para permitir irregularidades pequeñas dentro de la disposición de los revestimientos para evitar la erosión de la carcasa por la pulpa que pudiera quedar atrapada entre los revestimientos.

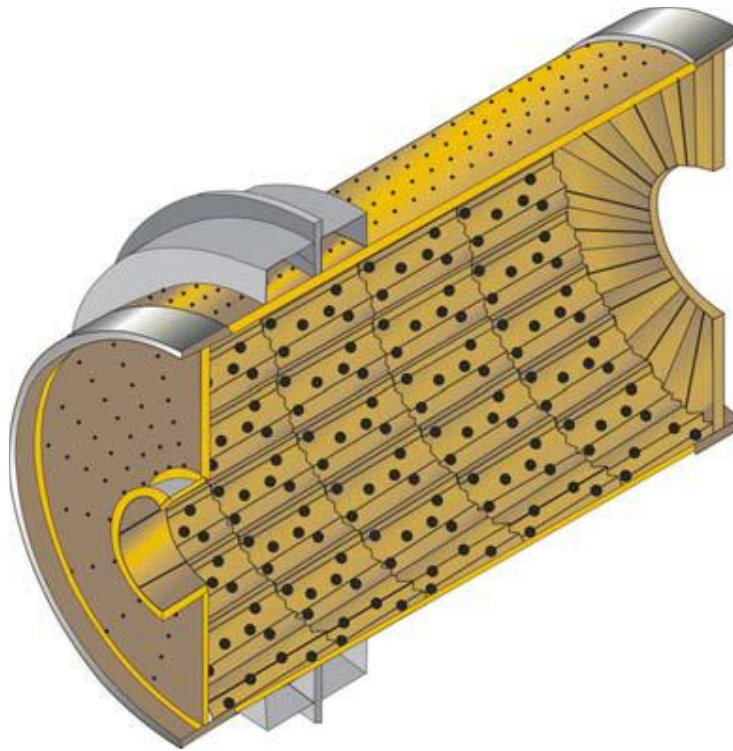


Figura 4. Revestimientos del Molino de Bolas

Nota. Manual de molinos marca Polysius,

Tabla 2.

Lista de partes de los Revestimientos

ITEM	DESCRIPCION	NRO. DE PARTE	CANTIDAD	PESO
41	Forro del extremo del alimentador	Z-10515-01-V	6	1,675 lbs
2	Forro interior del cabezal del alimentador	Z-10516-01-V	10	1,793E lbs
3	Forro exterior de la cabeza	Z-10517-01-V	40	2, 053E lbs
4	Anillo de relleno	Z-10518-01-V	40	335 lbs
5	Forro del extremo del alimentador	Z-10519-01-V	24	4,882 lbs
6	Forro del Medio	Z-10520-01-V	72	4,239 lbs
7	Forro de Descarga de la carcasa	Z-10521-01-V	24	4,426 lbs
8	Forro Interno de la cabeza de Descarga	Z-10522-01-V	10	1,264 lbs
9	Goma elemental (60" tiras)	HB-5510-06	173	CAUCHO

Nota. Elaboración propia.

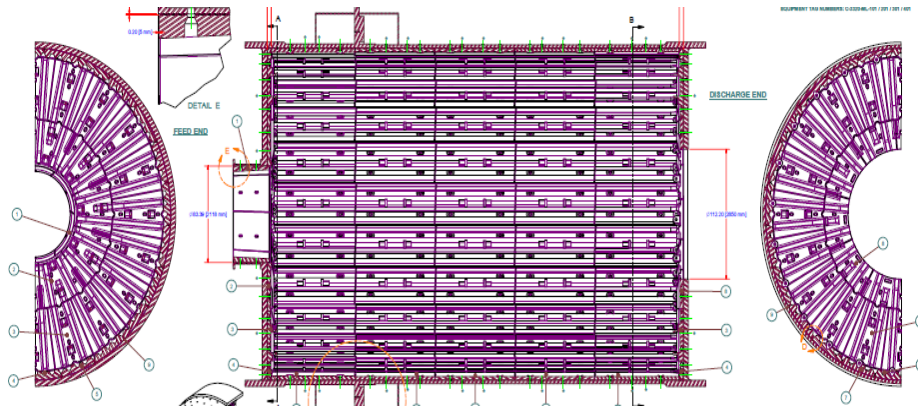


Figura 5. Distribución de revestimientos

Nota. Manual de molinos marca Polysius,

2.2.7.1.-ACCESORIOS PARA EL CAMBIO DE REVESTIMIENTOS DEL MOLINO DE BOLAS:

➤ **Perno cabeza oval**

Son los pernos de sujeción que demandan una importante inversión en tiempo y recursos en el proceso de cambio de revestimiento, siendo de cuidado pues una mala sujeción generará con seguridad fugas, contaminación del molino, soltura de armaduras e incluso caídas de éstas y fallas no programadas; y con ello accidentes con consecuencias funestas de ser el caso.

Para que haya una buena sujeción del perno se necesita de calidad del mismo, condiciones de asentamiento del forro, calidad de sello, torque final, retorqueo; entre otros.

➤ **Perno de cabeza avellanada**

Es especial, su cabeza es bastante voluminosa especialmente para la molienda o trituración de mineral, utilizados en la industria minera, generalmente estos productos tienen un tratamiento térmico para obtener más dureza, normalizado y revenido.

➤ **Tuerca hexagonal**

Es una pieza mecánica con un orificio central, el cual presenta una rosca que se utiliza para acoplar a un tornillo en forma fija o deslizante. La tuerca permite sujetar o fijar uniones de elementos desmontables. En ocasiones agregarse una arandela para la unión o cierre mejor quedando fija. Las tuercas siempre por lo general deben tener la misma característica del tornillo con el que se acopla.

2.2.7.2.-FORROS PARA LOS MOLINOS DE BOLAS:

- **Forros de acero:**

Tipo no ondulados: para alimentación fina o blanda

Tipo ondulados: para alimentación gruesa

- **Forros de caucho**

Tipo ondulados

2.2.8- CAMBIO DE REVESTIMIENTOS DEL MOLINO DE BOLAS

➤ **Trabajos de reparación:**

- Antes de comenzar los trabajos de reparación, debe desconectarse la tensión de todos los componentes eléctricos.

- Debe observarse que todos los trabajos de reparación se efectúen con la máxima limpieza posible, de forma que no entre suciedad en los cojinetes, accionamientos, la hidráulica u otras piezas delicadas de la máquina o instalación.

- Debe abrirse o retirarse compuertas y dispositivos de protección únicamente cuando se hayan detenido todas las partes giratorias.

- Al desmontar las placas de blindaje desgastadas se deberá prestar especial atención a que al quitar los tornillos de fijación con ayuda de sopletes, no se produzcan deterioros en el cuerpo del molino.

- Las reparaciones en la entrada, salida, accionamiento de molino y en el cojinete del mismo están descritas en los manuales de la máquina correspondientes.

- Las placas de blindaje, que sólo están desgastadas oblicua o parcialmente, deben ser desmontadas y colocarse en el punto opuesto simétricamente en el molino tubular, para que pueda aprovecharse la parte restante de las mismas.

➤ **Herramientas y medios auxiliares:**

Según las condiciones de su instalación, serán necesarios o no medios auxiliares tales como andamios, aparatos elevadores, etc.

➤ **Requerimiento de Equipos de Protección Personal:**

								
Casco de seguridad	Lentes de seguridad	Zapatos de seguridad	Guantes de cuero	Protección auditiva	Máscara antigás	Mameluco	Guante de jebe	Arnés de seguridad

Figura 6. Equipos de protección personal

Nota. Manual de molinos marca Polysius,

Tabla 3.

Equipos de protección personal

Cantidad	Descripción
01	Casco de Protección
01	Lentes de seguridad
01 par	Zapatos de seguridad con punta de acero.
01 par	Guantes de cuero
01	Protectores de oídos
01	Mascara de gases
01 par	Guantes de Jebe
01	Lentes para oxicorte
01	Casaca y pantalón de soldador en cuero
01	Arnés y línea de vida de doble gancho

Nota. Elaboración propia

➤ **Requerimiento de Equipos:**

Tabla 4.

Lista de Equipos

Cantidad	Descripción
01	Máquina enlainadora RME.
01	Montacargas 5000 kg.
01	Puente grúa gancho de 25ton.
02	Martillos hidráulicos Thunderbolt.
01	Compresores
06	Pistolas de impacto con encastre de 1 ½”.
01	Detector de gases

Nota. Elaboración propia

➤ **Requerimiento de Herramientas**

Tabla 5.

Lista de Herramientas

Cantidad	Descripción
04	Alicates para sacar gomas.
04	Destornilladores planos de 12” de largo.
04	Barretillas de 1,5 metros x 1” y 1 ¼” diámetro.
04	Botadores de pernos.
02	Cadenas con gancho de 3/8” para 1,5 ton.
01	Chispero.
04	Dado de impacto de 3 1/8” diámetro con cuadrante de 1 ½” largos
01	Equipo oxicorte.
02	Lámparas halógenas 220 Voltee.; 1000 Watt
02	Mangueras hidráulicas para el uso del martillo 200bar
04	Mangueras neumáticas para el uso de pistolas de impacto x 20m.
04	Comba de 14 lb.
04	Pistolas de impacto con encastre de 1 ½”.
08	Seguros para fijar los dados a la pistola de impacto
01	Set de herramientas manuales (caja mecánica)
01	Escalera

Nota. Elaboración propia

➤ **Requerimiento de Materiales:**

Tabla 6.

Lista de Materiales

Cantidad	Descripción
200	Arandelas de copa de Fe de 2"
80	Cuñas tipo "V".
200	Tapones de goma cónico para agujero de 2"
24	Feed End Shell liner
74	Middle Shell liner
24	Discharge End Shell liner
578	Bolt Shell liner con tuerca
02	Botellas de Acetileno
04	Botellas de Oxigeno
12	Latas de Pintura en spray.
15	Latas de Liquido penetrante LOCTITE

Nota. Elaboración propia

2.2.8.1-CARGOS Y RESPONSABILIDADES: CAMBIO DE REVESTIMIENTOS DEL MOLINO DE BOLAS

➤ **GERENTES / SUPERINTENDENTES DE AREA**

- Implementar las actividades del Programa Anual de Seguridad y Salud Ocupacional.
- Revisar el desempeño de Seguridad y Salud Ocupacional de su departamento y disponer las acciones necesarias para el cumplimiento de los objetivos específicos en materia de Seguridad y Salud Ocupacional.
- Asegurar que las Expectativas para la Producción Segura establecidas se cumplan.

➤ **GERENCIA DE SALUD Y SEGURIDAD**

- Proponer el Programa Anual de Seguridad y Salud Ocupacional.
- Asesorar en la implementación a los diferentes Departamento Organizacionales de la Compañía.
- Evaluar cumplimiento y comunicar los resultados del mismo al Comité de Seguridad y Salud Ocupacional.

➤ **SUPERVISOR DE SEGURIDAD**

Se espera que todos los supervisores de Seguridad y Salud Ocupacional enfoquen sus actividades diarias en las siguientes actividades:

- Profundo conocimiento, apropiación y gestión diaria de las Matrices de Gestión de Riesgos de Seguridad de las áreas bajo su supervisión.
- Motivar e incentivar el uso y gestión de las Matrices de Gestión de Riesgos de Seguridad por parte de los Superintendentes y Supervisores de las áreas bajo su supervisión.
- Desarrollar, Monitorear, Dirigir y Asesorar a sus áreas en la implementación y progreso del Programa de Prevención de Fatalidades del año.
- Participar proactivamente de la elaboración, revisión y mantenimiento de los procedimientos del área bajo su supervisión.
- Motivar, Monitorear y Participar en las Inspecciones Programadas de las áreas bajo su supervisión, mediante el uso y gestión de las listas de verificación de los estándares y reglamentos de seguridad aplicables.
- Durante el desarrollo de las inspecciones con el supervisor del área, entrenar en el uso de los estándares, asegurar la inmediata corrección de las desviaciones así como documentar y hacer seguimiento a las acciones correctivas cuando sea necesario.
- Entrenar y retroalimentar los elementos de gestión positivos encontrados durante sus visitas a campo.
- Apoyar activamente y asesorar a los Administradores de Contrato y Supervisores de Empresas Contratistas de sus áreas en el proceso de ingreso y verificación de documentación.
- Asegurar, mediante sus visitas diarias a campo, que las condiciones y controles establecidos y aprobados para las empresas contratistas se encuentran implementadas y mantenidas durante la ejecución de los trabajos asignados.
- Auditar periódicamente la Gestión de las empresas contratistas de las áreas bajo su supervisión.
- Supervisar aleatoriamente las áreas, asignadas o no, e intervenir aquellas actividades que así lo requieran, haciendo uso del Formato “Intervención de Seguridad” Asimismo, los Supervisores Seniors de Salud y Seguridad elaborarán un programa mensual de Auditorías Operativas a sus Áreas el mismo que deberá ser comunicado a la Gerencia de Salud y Seguridad los penúltimos días hábiles de cada mes
- Informar a su supervisor inmediato sobre aquellas desviaciones que por criticidad o recurrencia deban ser motivo para emitir una No Conformidad Real o Potencial.

- Analizar a detalle y con profundidad los incidentes del área bajo su supervisión, identificando las causas básicas del evento y planteando acciones retadoras, innovadoras, holísticas, factibles y eficientes para evitar la recurrencia.
- Manejar y mantener ordenadamente toda la información referente a su gestión, con la finalidad de emitir reportes mensuales a las áreas bajo su supervisión.

➤ **SUPERVISOR MECÁNICO DEL ÁREA**

- Conocer y velar el cumplimiento con el personal a cargo las condiciones establecidas en este procedimiento y verificar su ejecución en terreno.
- Proveer en casos necesarios de las herramientas, repuestos y materiales a su personal para la correcta ejecución de esta tarea.
- Asegurarse que personal que intervenga estos equipos esté calificado en el procedimiento LOTOTO y la ejecución de la tarea.
- Mantener al alcance de su personal manuales de operación y mantención de los equipos, para que éstos puedan ser consultados cada vez que se realicen intervenciones.
- Elaborar en forma conjunta con planificación Concentradora el programa de la tarea a ejecutar.
- Verificar y revisar el IPERC CONTINUO de la actividad con el personal.
- Al cambiar un paso del PETS, así como la utilización de una herramienta, materiales y equipos; se debe, en estos casos realizar un nuevo IPERC CONTINUO, firmado por todos los participantes en señal de tener conocimiento del cambio.
- Coordinar con el Jefe de Turno de operaciones y la Sala de Control la detención del molino.
- Coordinar con personal de mantenimiento eléctrico, cada vez que haya rotación del molino, el cual debe realizarse con control en modo Local. El molino debe mantenerse bloqueado mientras el personal mecánico realice su trabajo.
- Debe verificar el interior del molino, antes que ingrese el personal cumpliendo con el procedimiento de espacio confinados, (Monitoreo de gases).
- Debe verificar que cuando se retire los liners del molino ninguna persona debe estar al interior del molino y adicionalmente revisar el correcto instalado de la cortina que impida que producto de la caída del liner salga despedido alguna billa.

➤ **TÉCNICO MECÁNICO**

- Usar equipo de protección básico: guantes de cuero, protectores auditivos, respirador de silicona de media cara, etc.
- Elaborar el IPERC CONTINUO, ATS y permisos requeridos para el trabajo.
- Aplicar reglamento de sistema de bloqueo LOTOTO antes de la intervención al equipo.
- Prohibir la presencia y tránsito de personas ajenas a la tarea por el lugar del molino de bolas intervenido. Demarcar el área de trabajo con cinta de seguridad roja y colocar tarjetas de acceso restringido.
- Desarrollar la tarea según IPERC CONTINUO, con buenas prácticas de cuidado ambiental y de seguridad.

➤ **TÉCNICO MECÁNICO OPERADOR DE PUENTE GRÚA**

- Cumplir con las responsabilidades del técnico mecánico.
- Debe realizar inspección previa del puente grúa, revisando principalmente los sistemas de frenos del trolley y del tambor de izaje.
- Verificar e inspeccionar los elementos de izaje (eslingas, estrobos y grilletes), se encuentren en buen estado y con sus respectivas cintas de inspección trimestral.
- El operador de puente grúa está encargado de realizar las maniobras de izaje necesarias con el Thunderbolt para desmontar los revestimientos.
- Al encontrar algún tipo de desperfecto en el equipo, comunicar al supervisor para tomar las medidas preventivas.
- Llenar correctamente check list del equipo.

➤ **TÉCNICO MECÁNICO OPERADOR DE MONTACARGAS**

- Cumplir con las responsabilidades del técnico mecánico.
- Realizar una inspección del equipo, verificando si existen fugas de aceite en el sistema hidráulico; además, verifica el nivel de combustible y las presiones de los neumáticos.
- El operador del montacargas está encargado de retirar el chute de alimentación al molino; retirar el sello sándwich; retirar los revestimientos desmontados del molino, así como de alimentar de revestimientos nuevos a la maquina enlainadora para el montaje.
- Al encontrar algún tipo de desperfecto en el equipo, comunicar al supervisor para tomar las medidas preventivas.

- Llenar correctamente check list del equipo.

➤ **TÉCNICO MECÁNICO OPERADOR DE MAQUINA ENLAINADORA**

- Cumplir con responsabilidades del técnico mecánico.
- Inspeccionar el correcto funcionamiento del equipo, verificando que no presente fugas del sistema hidráulico del equipo.
- Posicionar la maquina enlainadora en su lugar establecido. Verificando si la fijación de las 4 patas es la adecuada.
- Debe comunicarse con el personal ubicado en la parte externa e interna del molino.
- El operador de la maquina enlainadora es la encargada de realizar los movimientos necesarios para desmontar y montar los revestimientos.

➤ **TÉCNICO MECÁNICO OPERADOR DE CARRITO DE LA MAQUINA ENLAINADORA**

- Cumplir con las responsabilidades del técnico mecánico.
- Esta encargado de maniobrar el carrito de la maquina enlainadora con la finalidad retirar los revestimientos desmontados y de abastecer de liners nuevos para su montaje.

➤ **TÉCNICO ELÉCTRICO**

- Realizar el Bloqueo LOTOTO.
- Participar y mantenerse en contacto con el supervisor mecánico, para operar sistemas de lubricación y equipos auxiliares del molino.
- El electricista es la persona responsable de rotar el molino; debe mantener bloqueado este equipo mientras el personal mecánico realice su trabajo, según coordinación con el supervisor mecánico.

➤ **TÉCNICO DE INSTRUMENTACIÓN**

- Asistencia en la operación de frenos.
- Participar como apoyo en los momentos de puesta en servicio del molino por posibles complicaciones en el funcionamiento de los instrumentos de control del mismo.

➤ **SUPERVISOR DE OPERACIONES**

- Debe verificar se realice correctamente el procedimiento de lavado de molino para efectuar las tareas de mantenimiento.
- En conjunto con el supervisor de mantenimiento que realizará el trabajo, debe inspeccionar el molino para revisar el nivel de agua y bolas y asegurarse de que no exista carga pegada en la parte superior, luego procederá a la entrega del molino al Supervisor Mecánico.

➤ **PERSONAL DE OPERACIONES**

- Coordinar la detención de los equipos con la sala de control de acuerdo al programa de parada.

➤ **SOLDADOR**

- Persona encargada de realizar el trabajo de soldadura, debe conocer y entender claramente el procedimiento.

➤ **VIGÍA DE ESPACIO CONFINADO**

- Estar familiarizado con los peligros de los espacios confinados durante el ingreso, incluyendo las rutas de exposición (inhalación, absorción, entre otros.), signos, síntomas, consecuencias.
- Estar familiarizado con los peligros de los espacios confinados durante el ingreso, incluyendo las rutas de exposición (inhalación, absorción, entre otros.), signos, síntomas, consecuencias.

- Mantener permanentemente un conteo exacto de todos los trabajadores que estén en cualquier momento en el interior del Espacio Confinado.
- Debe estar ubicado fuera del espacio confinado y solo monitorear un espacio confinado a la vez.
- Conocer el procedimiento de emergencias.
- Monitorear las actividades y trabajos dentro y fuera del Espacio Confinado para determinar si es seguro para los trabajadores permanecer en su interior.
- Mantener una comunicación continua y efectiva con los trabajadores que estén en el interior del Espacio Confinado y nunca entra al Espacio Confinado.
- Activar el procedimiento de emergencia tan pronto como determine que hay una emergencia y que los trabajadores autorizados deben evacuar el Espacio Confinado.
- Cerrar el Permiso de Ingreso si las condiciones de trabajo no son seguras, o si un trabajador no autorizado traspasa hacia el interior del Espacio Confinado.

➤ **VIGÍA DE TRABAJO EN CALIENTE**

- Antes de iniciar el trabajo, se asegura que los sistemas de alarma y combate de incendio se encuentran operativos.
- Realiza la vigilancia después de terminado el trabajo (30 y 60 minutos)
- Reconoce los riesgos potenciales del trabajo en caliente.
- Solicita el cierre del permiso una vez concluida la vigilancia post – trabajo.
- Vigila el área donde se realiza el trabajo en caliente.
- Ayuda a asegurar la contención de chispas y escorias resultantes del trabajo.
- Mantiene en las proximidades del trabajo extintores operativos y cargados.
- Conoce el procedimiento de emergencias de la empresa.
- Conoce la ubicación de los sistemas de alarma y combate de incendios.
- Dar aviso de inmediato por los medios disponibles.
- Si se tratase de un amago intentar controlar el fuego; con un extintor.
- Si se trata de un incendio declarado, espere la llegada de la brigada de emergencia.

➤ **MECÁNICO DE MANTENIMIENTO CUADRADOR**

- Cumplir con las responsabilidades del técnico mecánico.
- Persona encargada de estar en constante comunicación con el Técnico Mecánico

✓ Operador de la maquina enlainadora al momento posicionar los liners nuevos del molino, además, de colocar los pernos de sujeción para su respectivo torqueo.

2.2.9.-CAMBIO DE REVESTIMIENTOS EN LAS TAPAS DEL MOLINO DE BOLAS:

2.2.9.1.- Objetivo: Establecer y describir los pasos para realizar el cambio de revestimientos de tapas de molino de bolas en planta concentradora, garantizando una tarea óptima y segura. Enfocados en la Producción Segura y siendo ambientalmente responsables durante el desarrollo de las actividades.

2.2.9.2.-Alcance: Este procedimiento se aplica a todo el personal de Mantenimiento mecánico concentradora que realice el cambio de revestimientos de tapas de molino de bolas. El trabajo inicia con el bloqueo del equipo y concluye con la entrega del equipo al área de Operaciones

2.2.9.3.-Responsables:

- Supervisor de mantenimiento
- Técnico mecánico responsable
- Personal mecánico
- Operador de puente grúa
- Rigger
- Vigía de trabajos en espacios confinados
- Técnico mecánico soldador
- Vigía de trabajos en caliente

2.2.9.4.-Requerimiento De Personal:

En el cuadro se describe la cantidad mínima requerida para realizar el trabajo, puede variar dependiendo de las condiciones del trabajo y evaluación del supervisor mecánico quien designará mayor cantidad de personal para realizar la tarea. (*)

Personal mecánico encargado de realizar las funciones de soldador y vigía de trabajos en caliente, debe incorporarse a las tareas de técnico mecánico. (*)

Tabla 7.

Personal mínimo requerido

Cantidad	Descripción
01	Supervisor de Mantenimiento Mecánico
01	Mecánico Soldador *
01	Operador de Enlainadora
02	Operador de montacargas/se alternan
01	Vigía de espacios confinados
01	Vigía de trabajos en caliente/apoyo parihuelas *
08	Técnicos mecánicos
02	Ayudante cuadrador/interior del molino
01	Ayudante montacargas/apoyo exterior
01	Operador carrito transportador de revestimientos
01	Rigger
01	Operador Grúa Puente

Nota. Elaboración propia

2.2.9.5.-Requerimiento De Equipos De Protección Personal:

La cantidad de EPPs es por persona.

Tabla 8.

Equipos de Protección Personal requerido

Cantidad	Descripción
01	Casco de Protección
01	Pares de guantes de Cuero
01	Guantes de impacto
01	Respiradores de media cara gases/polvo
01	Tapones de oídos
01	Par de zapatos de seguridad.
01	Chaleco de Rigger.
01	Lentes de protección.
01	Traje tyvex.
01	Arnés de seguridad.
01	Línea de retráctil
01	Ropa completa de soldador y vigía
01	Analizador de gases

Nota. Elaboración propia

2.2.9.6.-Requerimiento De Equipos:

Tabla 9.

Equipos requeridos

Cantidad	Descripción
01	Puente Grúa
01	Máquina de soldar eléctrica de 500 Amperios
02	Equipo de Oxicorte
01	Extractor de gases y humos de soldadura
04	Martillos (thunderbolt)
02	Tecles neumáticos de 1 tonelada
01	Máquina Enlainadora (Roussell)
02	Montacargas
01	Compresor Portátil de aire 7.6 Bar
12	Mangueras neumáticas con lazo y pines de seguridad.
02	Mangueras de agua para limpieza interna del molino
01	Equipo de iluminación. Lámparas
01	Equipo de corte
04	Andamios acondicionados a la tarea

Nota. Elaboración propia

2.2.9.7.-Requerimiento De Herramientas

Tabla 10.

Herramientas requeridas

Nro	Descripción
08	Destornilladores planos de 12" de largo.
03	Barretas
04	Tijeras de izaje de liners (Roussell)
02	Cadenas con gancho de 4 ton. (Roussell)
01	Cadena para voltear liner de 5 Tn
02	Guiadores magnéticos
02	Chisperos.
01	Kit de recarga de nitrógeno
01	Caja de herramientas menores
04	Dado de impacto de 3 1/8 y 3 1/16" encastre de 1 1/2" copa larga
12	Lazos de seguridad para mangueras neumáticas con sus
08	Seguros para dados de impacto de 3 1/8".
10	Escobillas metálicas
06	Punzón (botador de pernos)
04	Grilletes de 1"
04	Lámparas halógenas 220; 1000 Watt
04	Martillo de 4 Lbs
04	Martillos de goma de 1.5 lbs
06	Pistolas de impacto de 1-1/2" marca IR
04	Eslingas 4Tn x 4m
02	Eslingas 4Tn x 8m
01	Soga 1/2" x 20 mts.
02	Botella de Oxígeno
02	Botella de Acetileno
100	Conos de seguridad para delimitación
100	Barras de delimitación para conos
04	Comba de 12 lb (cobre-berilio)
04	Cuerpos de andamios
04	Escaleras 2mt, 3mt y 4 mts para ingreso al interior del molino
02	Extensiones de Corriente Industrial con toma de corriente
40	Tacos de Madera 4"x4" x 1 m.
30	Seguros para conexiones chicago neumático
02	Extractor para tapones de jebe

Nota. Elaboración propia

2.2.9.8.-Requerimiento De Repuestos y Materiales

Tabla 11.

Repuestos y Materiales

Cantidad	Descripción
30	Latas de pintura en aerosol
24	Oíl penetrante
20 Kg	Trapo industrial
01	Rollo de driza nylon de 1/4"
02	Botellas de nitrógeno
02	Botellas de oxígeno
02	Botellas de acetileno
100	Tapones de goma cónico para agujero de 2"
A condición	SC4000 (en caso de desprendimiento de jebe)
A condición	Linatex de ¼ (en caso de desprendimiento de jebe)
A condición	Parihuelas de madera

Nota. Elaboración propia

2.2.9.9.-Procedimientos:

➤ Preparativos de Herramientas, Equipos y Materiales:

- El supervisor de mantenimiento realizará una charla de 05 minutos previa al trabajo y difundirá el procedimiento a todo el personal que intervenga en la tarea.
- Previo al día de inicio del trabajo el personal mecánico estará prevenido y preparado.
- El supervisor de mantenimiento coordinará con personal de operaciones para dejar de agregar bolas al molino de tal manera que este llegue con un nivel de bolas de 20 % para el día del cambio de revestimientos.
- Personal mecánico ordena forros por tipo y secuencia de cambio con el apoyo del montacargas. Se colocarán sobre parihuelas que permitan su fácil traslado desde una zona cercana al molino a intervenir.
- Personal mecánico Demarca la zona temporal de almacén de forros y otros materiales.
- Personal mecánico deberá verificar el buen estado de las pistolas neumáticas
- Personal mecánico realiza la calibración de llaves RAD de acuerdo a lo establecido en el PET.
- Personal mecánico traslada equipos, materiales y herramientas hasta el punto más cercano posible con apoyo de camioneta 4x4.
- Personal mecánico verifica la correcta operatividad del puente grúa de molinos, montacargas, maquina Enlainadora, Thunderbolt, martillos neumáticos y pistolas neumáticas.
- El supervisor de mantenimiento y el técnico responsable coordinan con el supervisor del área afectada, operador de campo y panelista de sala de control, antes de iniciar cualquier labor.
- Debe ser claro para todos a qué hora se inicia la intervención del equipo y el tiempo de ejecución.
- Las coordinaciones deben realizarse haciendo uso adecuado de los medios de comunicación como: radial, llamadas telefónica o face to face.
- Personal mecánico realiza la inspección de todas las demás herramientas a utilizar, verificando que se encuentren en buen estado cumpliendo con lo establecido en la Inspección de Herramientas, Equipos e Instalaciones.
- Personal mecánico y operador de puente grúa realizan la inspección de aparejos de izaje, según estándar, Equipos y Elementos de izaje.

➤ **Demarcación y Bloqueo Del Equipo**

Personal mecánico demarca el radio de trabajo, en 2 áreas:

1. Área de trabajo del personal que se encontrara por la parte exterior de las tapas retirando o ajustando pernos. (Cinta amarilla y/o conos de seguridad con tarjeta amarilla)
2. Área de trabajo de Montacargas (Cinta roja y/o conos de seguridad con tarjeta roja).

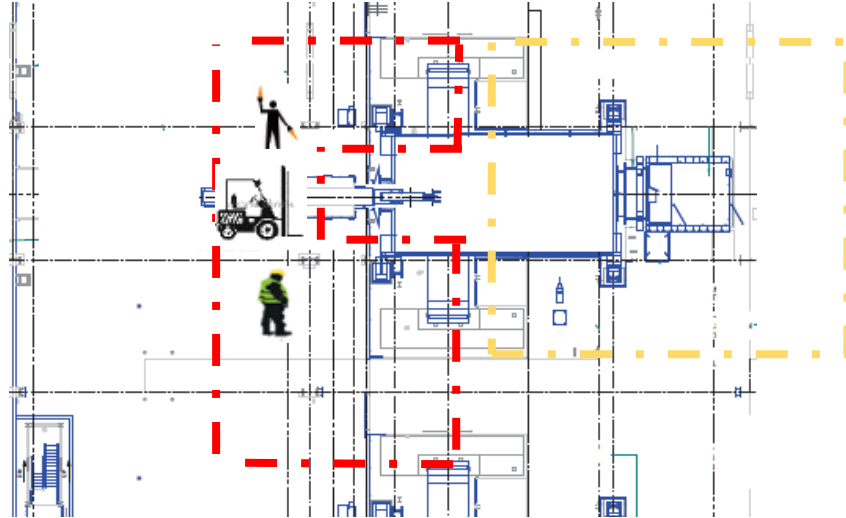


Figura 7. Demarcación para cambio de revestimientos de tapas

Nota. Manual de molinos marca Polysius,

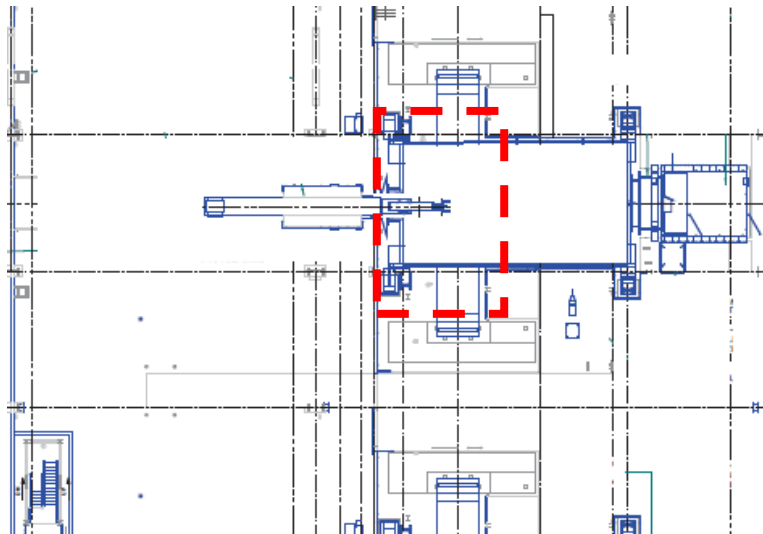


Figura 8. Delimitación de nivel inferior del molino de bolas (nivel de salas de lubricación).

Nota. Manual de molinos marca Polysius

➤ **Retiro de Chute de Alimentación**

- Personal mecánico posiciona plataforma o escalera para acceder a la brida ubicada en la parte superior del chute.
- Personal mecánico asciende a la parte superior del chute usando arnés de seguridad y línea retráctil, anclado al punto de anclaje (colocado en la viga encima del chute).

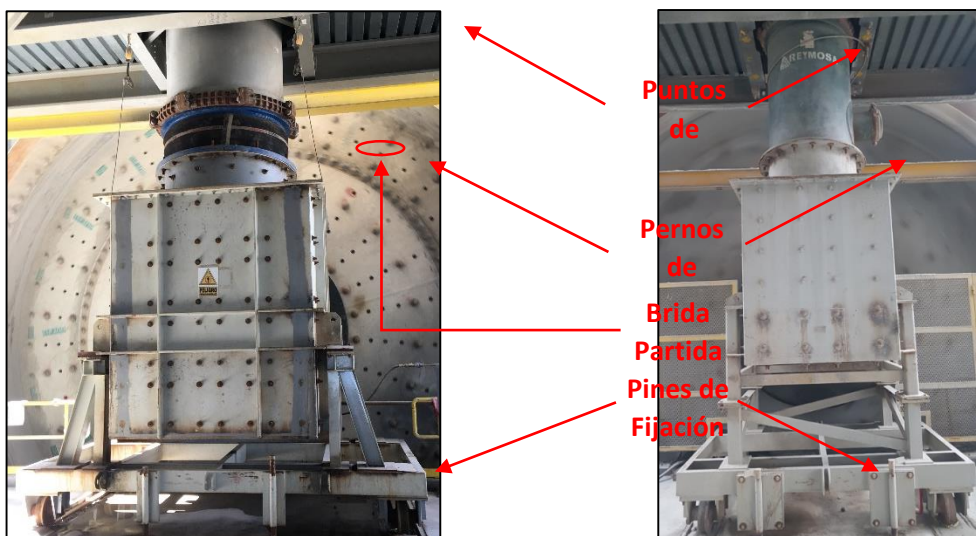


Figura 9. Chute de Alimentación de Molino en Concentradora

Nota. Manual de molinos marca Polysius

- Personal mecánico inicia retiro de pernos de sujeción usando pistola de impacto de 1/2" o 3/4" y dado de impacto correspondiente.

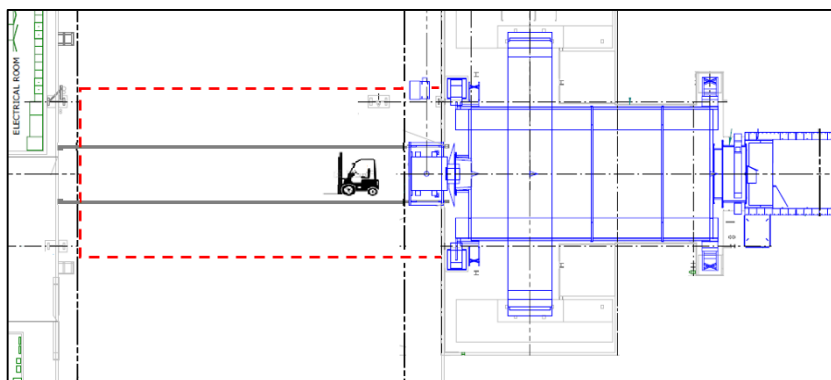


Figura 10. Demarcación previa a retiro de chute

Nota. Manual de molinos marca Polysius

- Personal mecánico se asegura que este demarcado el trayecto por donde se retirar el chute como Área restringida Temporal (cinta / barras rojas). Posteriormente todo el personal mecánico se retira del área demarcada.
- Operador de Montacarga, en coordinación con directa con Supervisor Mecánico o técnico Líder, posiciona el Montacargas para el retiro de chute, luego desciende las horquillas y apaga el equipo.
- Una vez el montacargas se encuentre apagado, técnicos mecánicos ingresan al área demarcada e instalan estrobo de $\frac{3}{4}$ ", este se asegura con un grillete de 1" a la base de la estructura del chute y el otro extremo a la oreja de arrastre del montacargas con un pin.
- Técnicos mecánicos se retiran del área delimitada. El operador de montacargas coordina con rigger para retirar (jalar) chute de alimentación.
- Una vez el chute de alimentación se encuentre al final de los rieles, Operador de montacargas retira el montacargas y lo posiciona fuera del área del trabajo.

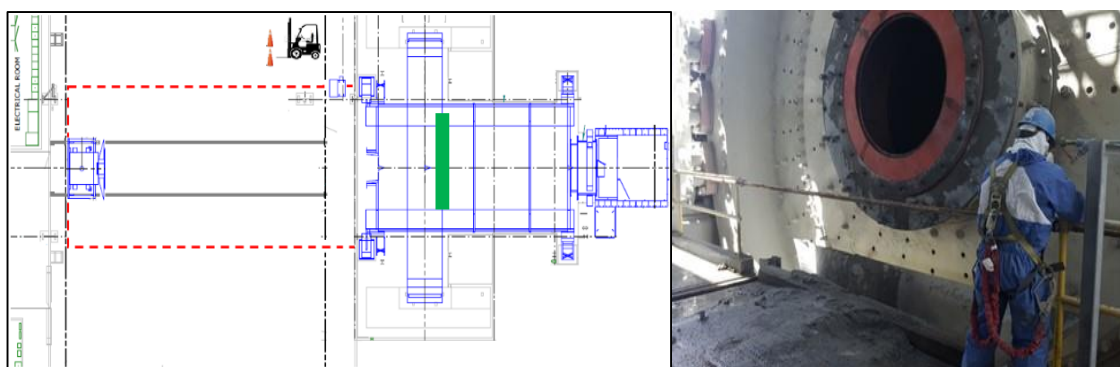


Figura 11. Posición final de chute e instalación de barrera

Nota. Manual de molinos marca Polysius

- Personal mecánico posiciona plataforma móvil en la parte inferior del carrete de alimentación.
- Posteriormente personal mecánico accede a plataforma móvil e instala tapa de carrete de alimentación utilizando pistola de $\frac{1}{2}$ " y/o $\frac{3}{4}$ " y dado correspondiente.

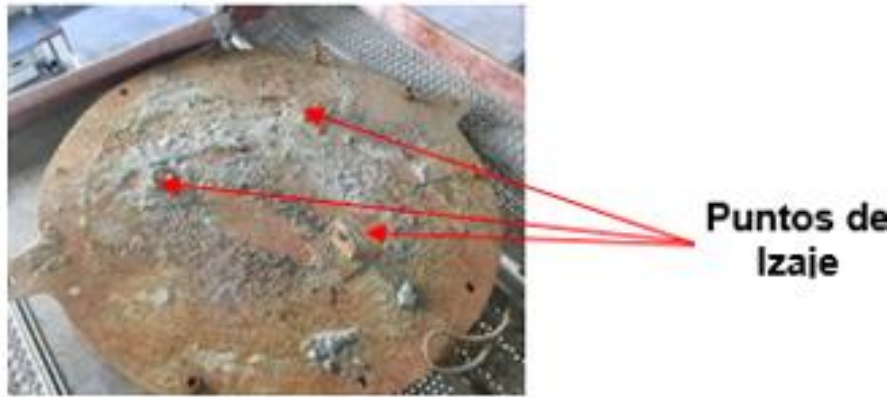


Figura 12. Tapa de carrete de alimentación

Nota. Manual de molinos marca Polysius

- Personal mecánico posiciona andamio móvil en la parte inferior del carrete de alimentación, posteriormente acceden al andamio e instalan tapa de carrete de alimentación utilizando pistola neumática con dado correspondiente.



Figura 13. Instalación de Tapa

Nota. Obtención propia.

➤ **Desmontaje de sello sandwich**

- Personal mecánico posiciona andamio o la plataforma móvil para el cambio de sello sándwich. Posteriormente acceden usando arnés de seguridad con doble línea de vida, se ancla a las rosetas del andamio o a los puntos de anclaje de la viga (al igual que en el retiro de chute).



Figura 14. Desmontaje de Sello Sandwich

Nota. Obtención propia.

- Personal mecánico retira tuercas que sujetan sello sándwich utilizando pistola de impacto y dado correspondiente.

Para otras plantas además:

- El retiro del sello se hará mediante montacargas, previo a ello se deberá demarcar de forma similar al retiro del chute y luego se procederá al retiro de sello.

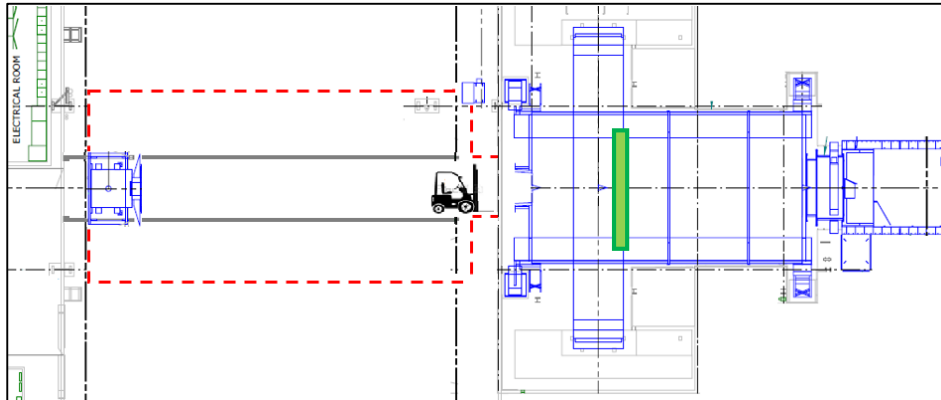


Figura 15. Demarcación para el Retiro de Sello Sandwich.

Nota. Manual de molinos marca Polysius

- En coordinación con rigger (Fuera del área delimitada) Operador de montacargas pega lo más posible las horquillas al sello para retirarlo y luego procede a dejarlo en la posición inicialmente determinada para ello.



Figura 16. Retiro de Sello Sandwich Utilizando Montacargas

Nota. Manual de molinos marca Polysius

- **Traslado de máquina enlainadora**
 - Para el traslado de la enlainadora apoyarse con un observador de trayecto que asiste al operador. El cual se ubicará en la otra esquina de la máquina para observar los puntos ciegos del operador y lo advierte si hay obstáculos. También se asegura de que el cable eléctrico que viene atrás no quede demasiado tenso, no se cruce en el recorrido de la máquina y se pueda mover libremente. El resto del personal debe estar al menos a tres metros de distancia de la máquina mientras se realizan las maniobras.

➤ **Instalación de máquina enlainadora**

- Operador de máquina enlainadora conecta el equipo a una fuente de 460v, la desplaza lentamente y posiciona a la entrada del molino. Extiende los gatos delanteros (puntos R1 y R2 en la figura), fija el equipo con sus varillas de amarre posterior a las argollas del piso de molienda (R4 y R3 en la figura 18).
- La máquina enlainadora en la parte delantera se posiciona 2 pines pasantes previa coordinación con observador y con ayuda de dos gatos delanteros, luego en la parte posterior se colocarán 1 templador de amarre en ambos lados alas argollas de piso de molienda.

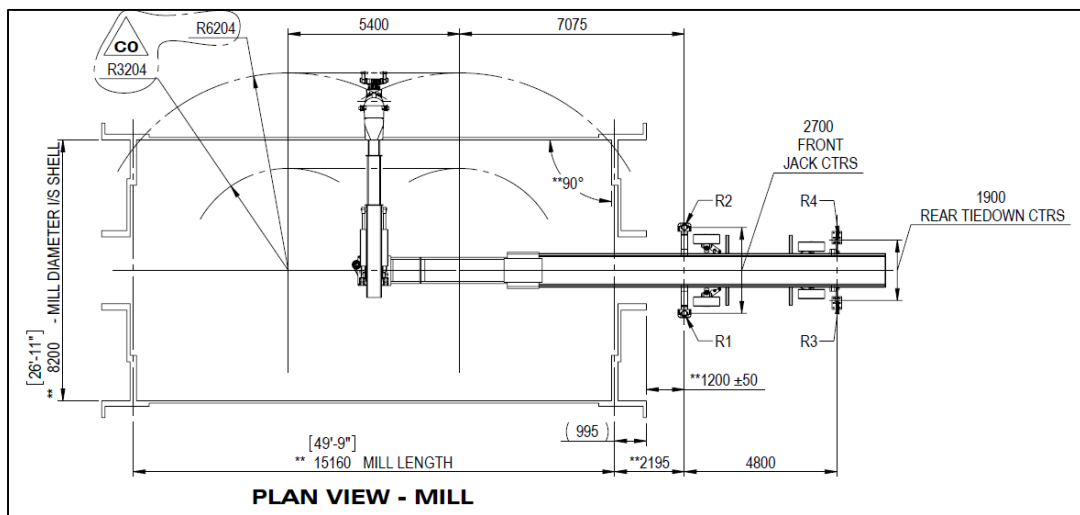


Figura 17. Posición final de enlainadora

Nota. Manual de molinos marca Polysius

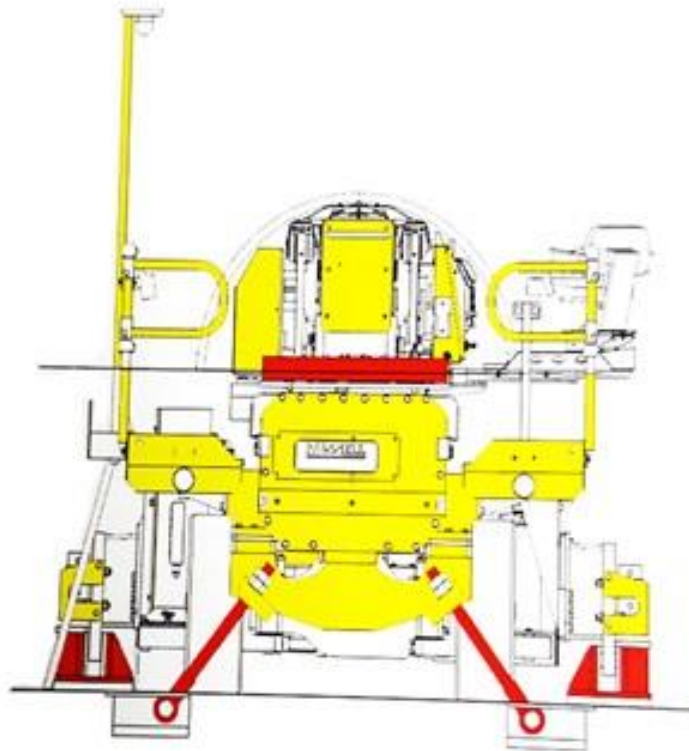


Figura 18. Posición de amarre de enlainadora

Nota. Manual de molinos marca Polysius

➤ **Armado De Andamios**

- Personal mecánico coordina el armado de andamios con personal encargado, verificando que estos faciliten el mayor acceso posible para el desajuste de pernos y utilización del thunderbolt.

➤ **Desmontaje de forros de tapas**

- Personal mecánico instala el equipo de ventilación e iluminación a la entrada del molino.
- El vigía de espacios confinados deberá llamar e informar a la central de emergencia el inicio de labores en el espacio confinado.
- El vigía de espacios confinado mide las condiciones atmosféricas al interior del molino y sólo con su autorización el personal puede ingresar, así mismo mantiene un registro del personal que ingresa y sale del espacio confinado.
- Personal mecánico verifica que no exista agua y bolas incrustadas en los revestimientos.
- Personal mecánico limpia la junta de liners, para iniciar desmontaje revestimientos de las tapas del molino, extrayendo bolas incrustadas con el uso de palancas, en caso de no ser posible, se cortarán usando máquina de soldar o equipo oxicorte, liberando la presión entre placas de revestimientos. Se retiran también bolas agripadas sobre cabeza de pernos.
- Para trabajos con equipo oxicorte y con soldadura se realizará la medición de gases con más frecuencia de acuerdo al estándar para Trabajos en Espacios Confinados.
- Luego personal mecánico procede a retirarse del interior del molino junto con el retiro del equipo de iluminación. Supervisor mecánico junto con vigía de espacios confinados deben verificar que no haya personal al interior del molino.
- Personal mecánico realiza la instalación de la malla de contención en la alimentación del molino de tal forma que impida la salida de cualquier cuerpo que salga proyectado.
- Personal mecánico ubicado en la parte externa retira tuercas de los pernos de sujeción del revestimiento utilizando pistola de impacto colgado del monorraíl con teclé neumático de 1Tn.
- Personal mecánico debe retirar únicamente tuercas y pernos de liners a ser cambiados.
- Personal mecánico usando martillos neumáticos, thunderbolt, combas de berilio y guidores magnéticos, golpean los pernos para que caigan a la parte interior del molino.



Figura 19. Thunderbolt para botar revestimientos en molino de bolas

Nota. Manual de molinos marca Polysius

- Personal mecánico procede a golpear liners del cilindro del molino con ayuda del thunderbolt o martillos hidráulicos, golpea el liner por la parte exterior tantas veces sea necesario hasta que caiga al piso de bolas, previa coordinación radial con el personal exterior e interior. Primero se retira liner superior y luego el inferior. Si el liner cae volteado acuñar con tacos y usar pulpo de cadena de 5 Tn para regresar a la posición adecuada.
- Personal mecánico retira liners gastados del interior del molino, izándolos con la tijera especial y el gancho de elevación de la grapa, lo deposita sobre una parihuela de madera en el carro transportador, este lleva los liner al exterior del molino, donde el operador del montacargas lo recepciona para trasladarlo a un lugar seguro y alejado del molino. Este procedimiento se realiza hasta extraer todos los forros desgastados de las dos filas de cada lado del molino.
- Personal mecánico procede con el retiro de billas y la limpieza del revestimiento de caucho del molino utilizando agua a presión con la manguera instalada previamente.



Figura 20. Ganchos

Nota. Manual de molinos marca Polysius

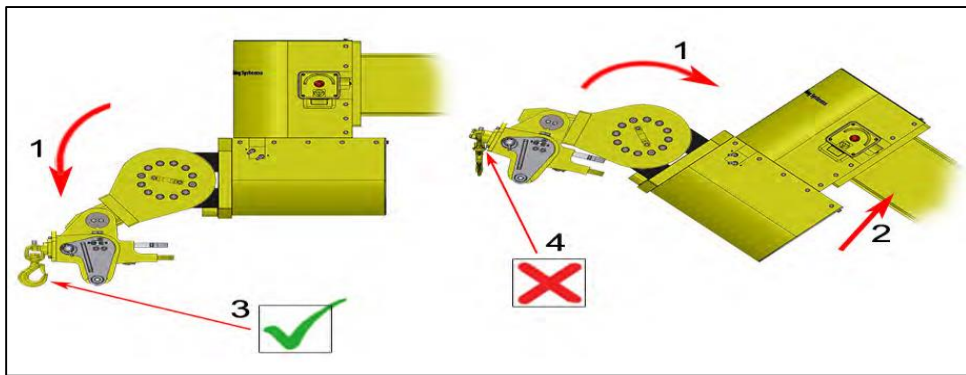


Figura 21. El gancho no debe tener contacto con la grapa

Nota. Manual de molinos marca Polysius

➤ **Montaje de forros de tapa**

- Operador del montacargas traslada liner nuevo y lo coloca en el carrito de la Enlainadora previa verificación de la demarcación con conos y barras de color rojo.
- Personal mecánico ingresa los liners nuevos al interior del molino, empujando el carro transportador en dirección de la descarga del molino, donde el operador de la maquina enlainadora los recogerá para su montaje.
- ✓ Se debe tener mucho cuidado de elegir el liner adecuado a la posición a instalar, para ello se usará como guía los planos siguientes. En caso de trasladar liner hacia el ultimo anillo, el operador de maquina enlainadora será el único autorizado en desplazar la viga principal de la maquina enlainadora para para aumentar la longitud de desplazamiento del carrito transportador de liner.

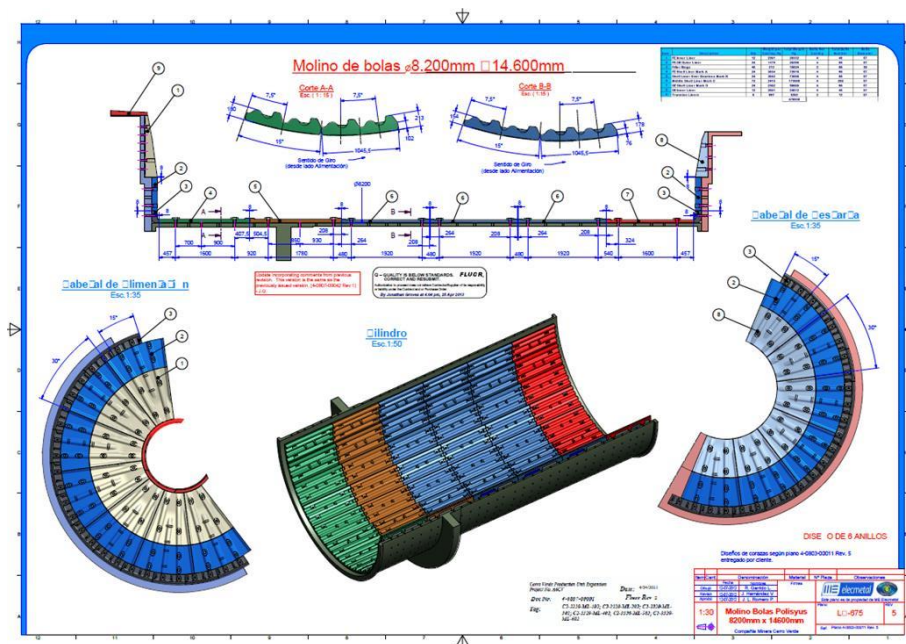


Figura 22. Distribución de liner al interior del molino

Nota. Manual de molinos marca Polysius

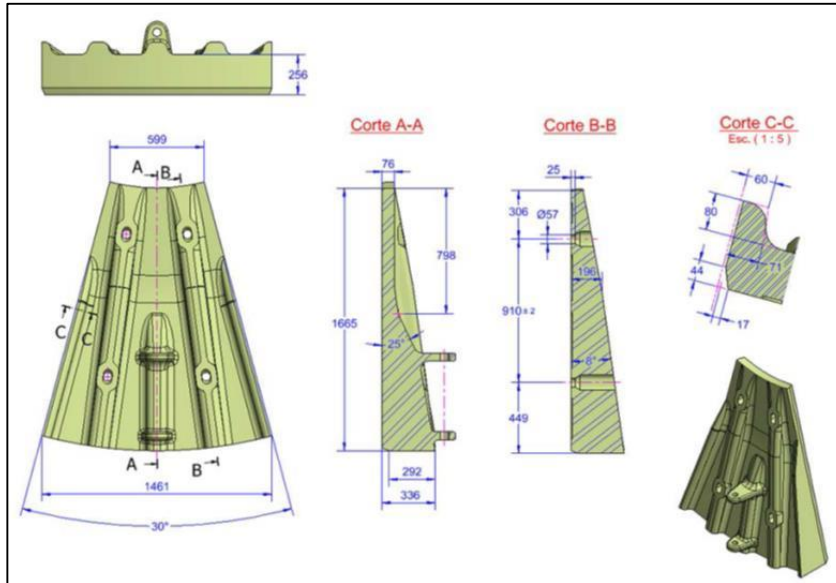


Figura 23. Revestimientos de la tapa de descarga

Nota. Manual de molinos marca Polysius

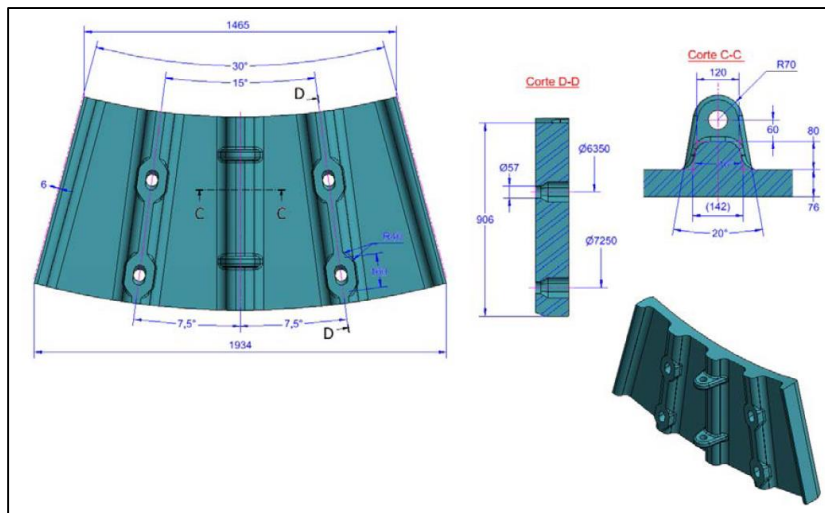


Figura 24. FE & DE End Outer Liners

Nota. Manual de molinos marca Polysius

- El operador de la máquina enlainadora realiza el montaje de cada liner posicionando sobre la superficie interna del molino, alineando los agujeros para los pernos de sujeción.
- Cada vez que se realice algún movimiento del cabezal, el (los) ayudante(s) cuadrador(es) deberán estar alejados del radio de giro de este, hasta que se encuentre en la posición adecuada.
- La secuencia de montaje de los liners es: filler ring – outer - inner, de tal forma que se complete cada sector, sucesivamente se continúa hasta concluir los cuatro sectores, 4 en la

tapa de entrada y 2 en la tapa de salida del molino. Si las condiciones cambian el operador de la maquina enlainadora podrá cambiar la secuencia de cambio de los forros.

- Personal mecánico ajusta las tuercas de pernos de liners por la parte externa del molino se instalan los anillos de goma, tuercas y arandelas de los pernos de los liners que está siendo montados interiormente.
- Personal mecánico realizará el ajuste y torqueo de los pernos.

➤ **Giro del Molino**

- Operador de máquina enlainadora coloca la maquina enlainadora en posición central para no ser impactada por la cama de bolas.
- Personal mecánico retira las herramientas del interior del molino, operador de máquina enlainadora retira el asiento de operador de la máquina enlainadora y retiran los candados de bloqueo del personal.
- Supervisor de mantenimiento coordina el desarmado de andamios ubicados al lado sur y norte del molino.
- Personal mecánico realiza inspección alrededor del molino para verificar que no existan herramientas ni objetos que obstruyan giro de molino.
- Supervisor de mantenimiento designa dos vigías (lado norte y sur) para giro de molino.
- Supervisor de mantenimiento coordina con personal de mantenimiento eléctrico para el giro del molino indicando la posición a detenerse.
- Personal mecánico al interior y exterior del molino realizan el bloqueo LOTOTO del molino
- Supervisor de mantenimiento coordina el armado de andamios al lado sur y norte del molino.
- Las demás liners son desmontados y montados del mismo modo que fueron descritos anteriormente hasta completar la totalidad.

➤ **Retiro de máquina enlainadora**

- El operador desinstala la maquina enlainadora, retrayendo la pluma de la máquina, soltando los pines de anclaje al piso de la máquina, y desplazarlo lentamente, hasta un lugar seguro y alejado del molino.

➤ **Orden, limpieza y entrega de equipos**

- Personal mecánico retira todos los materiales y repuestos utilizados durante la tarea y los traslada hacia el patio de componentes y puntos de acopios de residuos respectivamente.
- Personal mecánico retira de la zona de trabajo herramientas, demarcaciones y señalizaciones.

2.2.10.-CAMBIO DE REVESTIMIENTOS DEL CILINDRO DEL MOLINO DE BOLAS:

➤ **ALCANCE:**

Este procedimiento aplica a todo el personal de Mantenimiento Mecánico que trabajen o participen en el cambio de revestimientos del cilindro del molino de bolas de 24'x 36'. Comenzando por el bloqueo del equipo y culminando con la entrega al área de operaciones.

➤ **RESPONSABLES**

- -Supervisor Mecánico del Área
- -Técnico mecánico
- -Técnico mecánico operador de puente grúa
- -Técnico mecánico operador de montacargas:
- -Técnico mecánico operador de maquina enlainadora:
- -Técnico mecánico operador de carrito de la maquina enlainadora:
- -Técnico Eléctrico

➤ **OPERACIONES:**

1. Entrega del equipo a Supervisor Mecánico.

Supervisor Mecánico, coordina con personal de operaciones la parada del equipo para su mantenimiento. Supervisor de operaciones previamente realiza la limpieza del molino.

2. Preparativo de herramientas y equipo auxiliar.

Personal mecánico encargado de preparación de herramientas inspeccionan y trasladan las herramientas (deben contar con la inspección trimestral correspondiente), materiales, repuestos y equipos, hacia el lugar de trabajo. Se verifica la correcta operatividad del puente grúa en la Zona de molinos, además, operatividad de Montacargas, maquina Enlainadora, Thunderbolt (martillos hidráulicos) y pistolas neumáticas.

3. Bloqueo LOTOTO.

Supervisor mecánico coordina con personal electricista el corte de energía eléctrica y bloqueo de equipos involucrados así como en el E-housing del molino. Las llaves se colocan en caja grupal al costado del molino.

Se Bloquean:

- Bomba de Alimentación de ciclones. (bloqueo eléctrico)
- Molino de bolas (bloqueo eléctrico):
- Líneas de energía eléctrica.

- Frenos hidráulicos.
- Sistema de lubricación
- Válvulas de alimentación de agua al molino (bloqueo mecánico)
- Faja de alimentación de bolas. (bloqueo eléctrico y si es local bloqueo mecánico)
- Válvula de alimentación de lechada de cal. (bloqueo mecánico)
- Válvulas de reactivos. (bloqueo mecánico)

4. Inspección de las plataformas laterales del molino.

Personal mecánico señalizara el área con conos o cinta roja de acuerdo al estándar que corresponda y se coordinará con cuarto de control de molinos para que la autorización de ingreso vehicular por el puente Vanderveek solo la realice el supervisor de mantenimiento mecánico.

Personal mecánico contratista está encargado de la respectiva revisión de los componentes de las plataformas laterales del molinos, tecles de cadena debe contar con la inspección trimestral correspondiente), para facilitar los trabajos de retiro y colocado de pernos adicionalmente se debe revisar que los ganchos de seguro mecánico se instalen una vez que la plataforma hay sido ubicada en el lugar de la maniobra.

5. Desmontaje de chute de alimentación al molino.

Personal mecánico contratista (2 mecánicos), está encargado del desmontaje de los pernos de la brida superior del chute de alimentación con pistola neumática y dado 1 13/16". El acceso a la parte superior del chute se realiza con escalera que debe estar sujeta mediante una soga en la parte superior de la tubería de alimentación al chute, y en todo momento el técnico mecánico debe estar enganchado con la línea de vida de doble gancho instalada. Personal contratista debe tener en cuenta el estándar, De forma simultánea, un técnico mecánico contratista, utilizando una comba retira los pines de fijación al piso del chute de alimentación; además, dos técnicos mecánicos contratistas, se encargan de retirar las tapas del carril de desplazamiento del chute sobre el piso. Se verifica que todo el carril de desplazamiento debe estar limpio, sin carga acumulada, de lo contrario proceder a su limpieza.

6. Retiro de sello sándwich.

Personal mecánico subirá por una escalera instalada al lado del chute la cual se amarrara,

deberán permanecer anclados todo el tiempo. Luego desempernaran el sello sándwich del trunión de alimentación del molino, dejando un par de pernos sujetos.

7. Posicionamiento de maquina enlainadora.

Una vez retirado el sello sándwich, operador de la maquina enlainadora procede a posicionar y anclar (mediante los pines y argollas que se encuentran ancladas en el piso de los molinos) la maquina Enlainadora en el trunión de alimentación al molino. Para ello se conecta el equipo a una fuente de 460 v.

8. Monitoreo de gases.

Vigía de espacios confinados realiza un primer monitoreo de gases a la entrada del molino, verificando además la presencia de bolas incrustadas entre los revestimientos, y presencia de neblina y gases, según el estándar correspondiente.

9. Cambio de liners o revestimientos:

Se realiza los mismos pasos que el anterior con: Demarcación del área de trabajo, Limpieza de bolas incrustadas entre liners, Extracción de pernos, Desmontaje y retiro de liners, Empernado de los liners, Giro del molino, Retiro de maquina enlainadora y Montaje del sello sándwich.

2.2.11.- PROGRAMA DE MANTENIMIENTO: CAMBIO DE REVESTIMIENTOS

El programa de mantenimiento es anual, empero la labor que se realiza es Predictiva, porque se realizan inspecciones al interior del molino para así verificar si presenta algunas falencias, rajaduras o daños susceptibles de ser corregidos a tiempo para así evitar daños mayores; es con estas inspecciones que los expertos sugieren fechas para los respectivos cambios.

Es Preventiva, pues la misma operación del cambio de revestimientos de por sí es preventiva, ya que se realiza para evitar futuros inconveniente, y fallas en plena operación.

Es correctiva, si y solamente si en caso existiese alguna falla que no se detectó por diferentes factores.

El objeto del mantenimiento es reducir la incidencia negativa de fallos, ya sea disminuyendo su número o atenuando sus consecuencias; algo falla cuando deja de brindarnos el servicio que debía darnos o cuando aparecen efectos no deseados. En general, todo lo que existe,

si es móvil se deteriora, rompe o falla con el correr del tiempo. Por tanto lo que se desea con éste es:

- Evitar, reducir y, reparar, los fallos sobre los bienes, máquinas o equipos.
- Reducir la gravedad de los fallos inevitables.
- Impedir detenciones inútiles o paradas de máquinas.
- Eludir accidentes.
- Impedir incidentes y ampliar la seguridad para los trabajadores.

El cambio de revestimientos de los cilindros del molino se hace cada doce (12) meses (una vez al año), en tanto que el cambio de revestimientos de las tapas se realiza cada nueve (09) meses.

2.2.12.- METOLOGIA LEAN SIX SIGMA

Es una metodología de mejora de procesos, lo que busca es mejorar la productividad, reduciendo variaciones y eliminando los desperdicios, el objetivo de esta metodología es optimizar los procesos a partir del diagnóstico y análisis estadístico de variables. Surge de la combinación de las teorías SIX SIGMA Y LEAN MANUFACTURING.

2.2.13.- MANUFACTURA ESBELTA

Desarrollada por el modelo Toyota, aquí se clasifican los desperdicios: errores que requieren rectificación, sobreproducción, inventarios, etapas inútiles, traslados, muda, movimientos de personal, tiempos de espera, entre otros.

2.2.14.- LEAN SERVICE

Es la aplicación del concepto de manufactura esbelta a las operaciones de un servicio.

Los principios Lean de Mejora Continua y Respeto por las Personas se han aplicado a todo tipo de servicios en los últimos tiempos, incluidos los servicios de centros de llamadas, atención médica, educación superior, desarrollo de software y servicios públicos y profesionales también.

El "servicio" no se limita a la oficina o la administración, sino además a situaciones de servicio más amplias que no son necesariamente repetitivas, donde el tiempo de la tarea no es aplicable y donde los tiempos de la tarea pueden ser largos y variables. El servicio en este contexto podría significar cualquier cosa, desde un hospital hasta una universidad, desde un proceso de oficina hasta una consultoría, y desde un almacén hasta el

mantenimiento de un servicio de campo. "Servicio" tiene que ver con el concepto de servicio o paquete de servicios del producto, que son todas las actividades que proporcionan valor al cliente a lo largo de una corriente de valor.

El Lean Service tiene su origen en el sistema de producción de Toyota. Lean en el sector de servicios está sujeto a una mejora continua también, y como tal, hay muchos conceptos que pueden o no estar incluidos como en el Lean Manufacturing.

Aquí también se aplican los residuos del servicio, tales como:

-Retraso por parte de los clientes que esperan el servicio, la entrega, las colas, la respuesta, no llegan como se comprometieron, entre otros.

- ✓ Duplicación, ésta tiene que ver con volver a ingresar datos, repetir detalles en formularios, copiar información, responder consultas de varias fuentes dentro de la misma organización.
- ✓ Movimiento innecesario
- ✓ Comunicación incierta, confusión sobre el uso del producto o servicio, perder tiempo buscando una ubicación que pueda resultar en un uso incorrecto o duplicación.
- ✓ Inventario incorrecto
- ✓ Una oportunidad perdida para retener o ganar clientes, una falla para establecer una buena relación, ignorar a los clientes, hostilidad y rudeza.
- ✓ Errores en la transacción de servicio o defectos del producto en el paquete producto-servicio, bienes perdidos o dañados.
- ✓ Errores en la calidad del servicio, falta de calidad en los procesos de servicio.

2.2.15.-GESTION DE LA CALIDAD TOTAL

Para gestionar la calidad total del proceso en la empresa debe alcanzarse la ventaja competitiva mediante la satisfacción de los clientes.

Se conoce como gestión de la calidad total a una estrategia de gestión empresarial que tiene que ver con el estudio y valoración del concepto de calidad en cada una de las fases de un proceso de organización. Lo que se quiere es la mejora constante de bienes y servicios ofertados y la consecución de mayor satisfacción del cliente, prevalece la búsqueda de la calidad en cada uno de los distintos procesos de la empresa.

Aunque esta estrategia relacionada con estudios económicos, de gestión empresarial y de marketing haya sido originada con vistas al funcionamiento empresarial, son muchas las

organizaciones de distintos caracteres las que han aplicado sus puntos como mejora de sus procesos, teniendo como ventajas:

- Mayores niveles de satisfacción por parte de consumidores/clientes.
- Aumento de los márgenes de productividad y de beneficios
- Mayor cohesión y coordinación de los distintos procesos y departamentos de una empresa.
- Optimización del uso de recursos y reducción de costes para la empresa. Eficiencia.

2.3.- DEFINICION DE TERMINOS BASICOS

2.3.1.-CONMINUCION: Es la reducción de tamaño de un material siendo ésta una etapa importante y por lo general la primera al momento de procesar el mineral, por tanto aquí se producen partículas de un tamaño y forma que permite sean utilizados directamente; libera los materiales valiosos de la ganga, para que así puedan ser concentrados.

2.3.2.-MEJORA: Es el cambio o progreso de algo hacia una situación precaria a una mejor. Para efecto del presente trabajo utilizaremos la filosofía de la mejora continua la cual busca optimizar e incrementar la calidad de un producto, proceso o de algún servicio, se aplica indistintamente a diversos procesos y empresas, utilizando ésta varias metodologías para su aplicación.

2.3.3.-DISEÑO: Es una actividad o acción creativa cuyo objetivo es proyectar cosas u objetos útiles y sobre todo estéticos. Busca una solución a algo en particular, siendo práctico y utilizando métodos y técnicas quedando los intentos plasmados en bocetos, borradores, dibujos, gráficos o esquemas para luego poder hacerlo realidad y producirlo.

2.3.4.-CHUTE: Es el cajón de trasvase de mineral, que se ubica entre los ciclones y el molino, sirve de alimentación al molino.

2.3.5.-LINERS: Son los revestimientos o forros del molino, que sirven para proteger a la carcasa del molino, convirtiéndose en material de desgaste a posterior. Tienen distintas ondas para levantar las bolas y realizar el proceso de molienda.

2.3.6.-MAQUINA ENLAINADORA: Es la máquina con la que se manipula los forros o revestimientos al momento de realizar su cambio por desgaste.

2.3.7.-TRUNION: Se encuentra en la parte de descarga del molino, sirve para alimentar las bolas del molino.

2.3.8.-LOTOTO: Es el bloqueo, etiquetado, es un procedimiento de seguridad importante, que salvaguarda a los trabajadores y empleados de una empresa minera de las máquinas o del equipo que operan, utilizan o mantienen, este procedimiento es básicamente revisado

por la OSHA.

2.3.9.-CHECK LIST: Es un documento, una lista para chequear un procedimiento, permitiendo recolectar o juntar datos pero organizadamente verificando el cumplimiento de ciertos estándares o requisitos preestablecidos; como se plasma en un orden permite recordar los pasos a seguir. Se crea de manera sencilla y acorde a las necesidades y procedimientos que se aplicaran.

2.3.10.- IPERC: Es una herramienta de gestión, una matriz, es la Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos, relacionados a los procesos de cualquier empresa u organización.

2.3.11.-IZAJE: Es levantar o mover objetos de distintos tamaños, sobre todo grandes, cargas de toneladas grandes, desde pocos metros a alturas inmensas, con ayuda de dispositivos o aditamentos, el cual se realiza de forma segura, controlada y bien calculada y es muy utilizado en el ámbito minero.

2.3.12.-RIGGER: Es el maniobrista del operador de grúa que mediante señales técnicas y estandarizadas dirige los movimientos del gruero.

2.3.13.-EPP: Es el equipo de protección personal para realizar un trabajo seguro.

2.3.14.-ATS: Son los análisis de trabajo seguro. Es un documento que se llena al inicio del trabajo analizando el procedimiento seguro.

2.3.15.-ESPACIO CONFINADO: Es todo espacio que tiene dificultad para ser ocupado por una persona

2.3.16.-BILLA: Son las bolas de acero del molino, utilizadas para el proceso de molienda.

CAPÍTULO III

METODOLOGIA

3.1. METODOLOGÍA APLICADA PARA EL DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN

3.1.1. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

La metodología de investigación a aplicarse obedece a un Método Analítico – Sintético, Descriptivo y explicativo pues permite investigar el manejo y operación de un área en minería dedicada a operaciones internas de suma importancia.

3.1.2.-ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

El alcance de la presente investigación está circunscrita a las labores realizadas con los molinos de bolas y el cambio de revestimientos en planta concentradora. Los resultados y las conclusiones que proporcionara este estudio sentarán las bases para futuras investigaciones y puesta en marcha de mejoras en el sector minero.

3.1.3.-TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACION

3.1.3.1.-TIPO DE INVESTIGACION

El tipo de investigación según la naturaleza de los datos y la información, es Cuantitativa, porque hará uso de información cuantificable y a partir de ello se elaborara la estructura de esta investigación. Y en función de su propósito esta investigación es del tipo Aplicada, porque se aplicará conocimientos y técnicas adquiridos en clases y de la labor diaria en minería.

3.1.3.2.- NIVEL DE INVESTIGACION

Según el nivel de profundidad, esta investigación es Descriptiva, porque se describirá los diferentes procesos mineros que interviene en el área de planta concentradora y las operaciones que se realizan en el cambio de revestimientos del molino de bolas.

3.1.3.3.-UNIDAD DE ESTUDIO

Planta Concentradora de empresa minera, área de ubicación de molino de bolas.

3.1.3.4.-TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION

Estos instrumentos de recolección me sirven para obtener los datos adquiridos en la presente investigación, sintetizando toda la labor investigativa, siendo que es de recalcar que el instrumento utilizado tiene relación estrecha entre las variables planteadas, como la Propuesta de Mejora y el Proceso de Cambio de Revestimientos.

Mis técnicas son confiables y válidas puesto que son extraídas de la práctica y labor diaria. La que utilizaré son: la documental (fuentes bibliográficas, medios magnéticos, manuales operativos) y la de campo (observación).

Para cumplir con cada uno de los objetivos planteados se seguirá con el siguiente procedimiento:

- ✓ Reconocimiento e inspección del ámbito de estudio, para el presente caso, el área de Concentradora de mina, consecuentemente el área en donde se encuentran los molinos de bolas y la observación al proceso de cambio de revestimientos.
- ✓ Individualización y planteamiento del problema.
- ✓ Suministro de equipos y materiales de investigación para el presente proyecto.
- ✓ Indagación con personas que conocen el problema por experiencia personal o debido a sus estudios.
- ✓ Determinación de alcance, variables, indicadores, población, muestra de la investigación e idear posibles soluciones a la problemática.

3.1.3.4.-UNIDAD DE ESTUDIO

Planta Concentradora de empresa minera, área de ubicación de molino de bolas.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCION

4.1.-ANÁLISIS, REQUERIMIENTO Y SOLUCIÓN

4.1.1.-DIAGNOSTICO

Se realizará un análisis y diagnóstico en base a la información recolectada e identificando los problemas en el proceso de cambio de revestimientos en la Planta Concentradora de una empresa minera para así estructurar las oportunidades de mejora.

Se ha escogido cuatro problemáticas que se han estado suscitando en la empresa minera en Arequipa durante el año 2018, siendo que a éstas es que luego del análisis y observación efectuados se advierte que son pasibles de mejoras, por lo que a continuación esbozaremos las mismas, debiendo previamente centrarnos en el contexto de cada una para su fácil comprensión.

4.2.-PRIMERA PROBLEMÁTICA:

4.2.1.-TIEMPOS MUERTOS DURANTE EL PROCESO DEL CAMBIO DE REVESTIMIENTOS DEL MOLINO DE BOLAS

El trabajo en mina tiene diversos horarios preestablecidos según el área de trabajo, para el caso de planta concentradora en donde se realiza el proceso de cambio de liners o revestimientos en el molino de bolas, la empresa maneja un horario de 12 horas por cada turno establecidas por ésta de acuerdo a su normativa siendo que existe el turno de día y de noche respectivamente, el horario de ingreso para el turno de día es a las 7.30 a.m, y

el de salida a las 19.30 p.m.; en tanto que, para el caso del turno de noche se ingresa a las 19.30 p.m y se retira a las 7:30 a.m. del día siguiente.

Definido el horario de ingreso cuando se realiza el proceso de cambio de revestimientos del molino de bolas por tratarse de un proceso importante el cual debe ser realizado de manera rápida, pero preservando todas las normas de seguridad establecidas, no debe perderse muchas horas ni días, pues se trata de un molino paralizado que genera detención en la producción del molino.



Figura 25. Horario de trabajo en planta concentradora

Nota. Elaboración propia

4.2.2.-REQUERIMIENTO

Explicitado lo anterior, para no perder tiempo valioso, dentro de las 12 horas de labor pactadas en mina; se advierte que entre relevo de turno se paralizan acciones, que con una adecuada estructuración de horarios y organización podrían mejorar y ahorrar tiempo. Incrementando las horas de labor en sobretiempo, lo cual está permitido por el Reglamento interno de la minera, pues se puede incrementar hasta por 16 horas, debería ajustarse por tanto éste relevo, ya que son varias personas las involucradas, que organizadamente podrían agilizar éste, siendo factible pues el incremento de horas de labor en mina está permitido.



Figura 26. Horario de trabajo con las horas incrementadas

Nota. Elaboración propia

4.2.3.-PROPUESTA DE MEJORA: RELEVO EN CALIENTE

La propuesta que sugiero es que se realice un Relevo en Caliente, el cual se ejecuta cada vez que existen paradas de planta u operaciones que involucran de sobremanera a la empresa; y más aun tratándose de operaciones que se realizan anualmente o cada 9 meses según sea el caso, es factible realizar este relevo para el caso del Cambio de Revestimientos.

La propuesta es que la guardia ingresante (de relevo) lo haga 1.5 horas antes (aumentando las 12 horas de labor reglamentadas, toda vez que ello si está permitido hasta 16 horas), con la finalidad de realizar la charla de seguridad preestablecida por la empresa de forma obligatoria, llenado de documentación (permisos, formatos, y demás documentación requerida a diario), verificación de bloqueo y tarjeteo, cambio de tarjetas en zonas delimitadas, firmas de nuevos permisos con supervisión entrante, reunión con personal para indicaciones generales de seguridad y avance del trabajo, entre otras que se realizan por normativa interna.

Como se advierte dentro de éstas 1.5 horas incrementadas se realizaran operaciones o trámites que paralizan las acciones, siendo que podría avanzarse con ellas y ganar tiempo,

realizando el Relevo en Caliente las acciones continuaran de corrido, unos salen y al mismo tiempo los relevos ingresaran.

Por tanto, si analizamos tendríamos 13.5 horas de labor, con 12 horas de labor efectiva, menos el refrigerio de una hora son 11 horas de labor cierta, en tanto que anteriormente se perdía esas 1.5 horas sin labor, ahora se trabajaría de manera continua, y se evitarían las consecuentes pérdidas.

Lo que se desea es optimizar al máximo el tiempo utilizado sin interrupciones para que éste cambio sea inmediato.

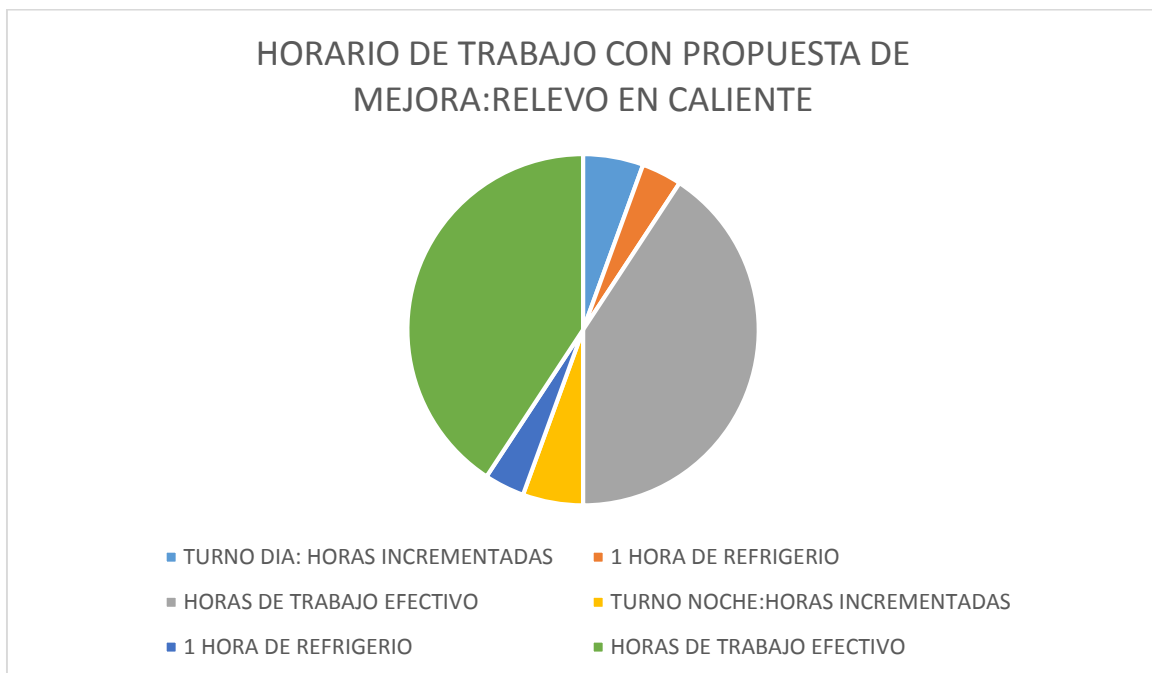


Figura 27. Horario de trabajo con propuesta de mejora: Relevo en Caliente

Nota. Elaboración propia



Figura 28. Tiempos Muertos durante el proceso del cambio de revestimientos del molino de bolas

Nota. Elaboración propia

4.3.-SEGUNDA PROBLEMÁTICA:

4.3.1.-PLATAFORMAS DEMONTABLES QUE SE UTILIZAN PARA EL CAMBIO DE REVESTIMIENTOS NO SON LAS ADECUADAS

Para el proceso de cambio de revestimientos se utilizan plataformas elevadoras, éstas movilizan al personal, los elevan para que alcancen la altura requerida dentro del molino, pues se habla de una altura aproximada de 3 metros y así alcanzan a cambiar hasta 3 filas horizontales de liners o revestimientos.

Para detallar mejor, el molino tiene 5 anillos de liners o revestimientos y ésta plataforma solo está diseñada para los anillos 2, 3, 4 y 5 debido al estator del molino que separa al anillo número 1. Debido a esto es que en el anillo número 1 se realiza el armado de andamios así como en las tapas a manera de plataformas desmontables para poder realizar el retiro de tuercas, botado de pernos y posteriormente su nuevo montaje.

Es aquí en éste armado de andamios en donde se advierte la problemática pues para acceder al anillo 1 se requiere primeramente el armado de la plataforma, la cual demora en ello aproximadamente una hora; desarrollándose recién aquí el trabajo de desmontaje de las tuercas, arandelas y botado de pernos y posterior montaje; siendo que una vez

terminada esta operación se deberá desarmar la plataforma para poder girar el molino ya que ésta impide su rotación; éste desmontaje a su vez demora media hora. Durante el proceso del cambio de revestimientos se requiere de cinco giros, por tanto esta misma operación se repetirá por cinco veces que son los giros que se necesitan; consecuentemente se advierte que la operación es repetitiva, originando horas muertas de labor al tener que armar y desarmar continuamente estas plataformas.

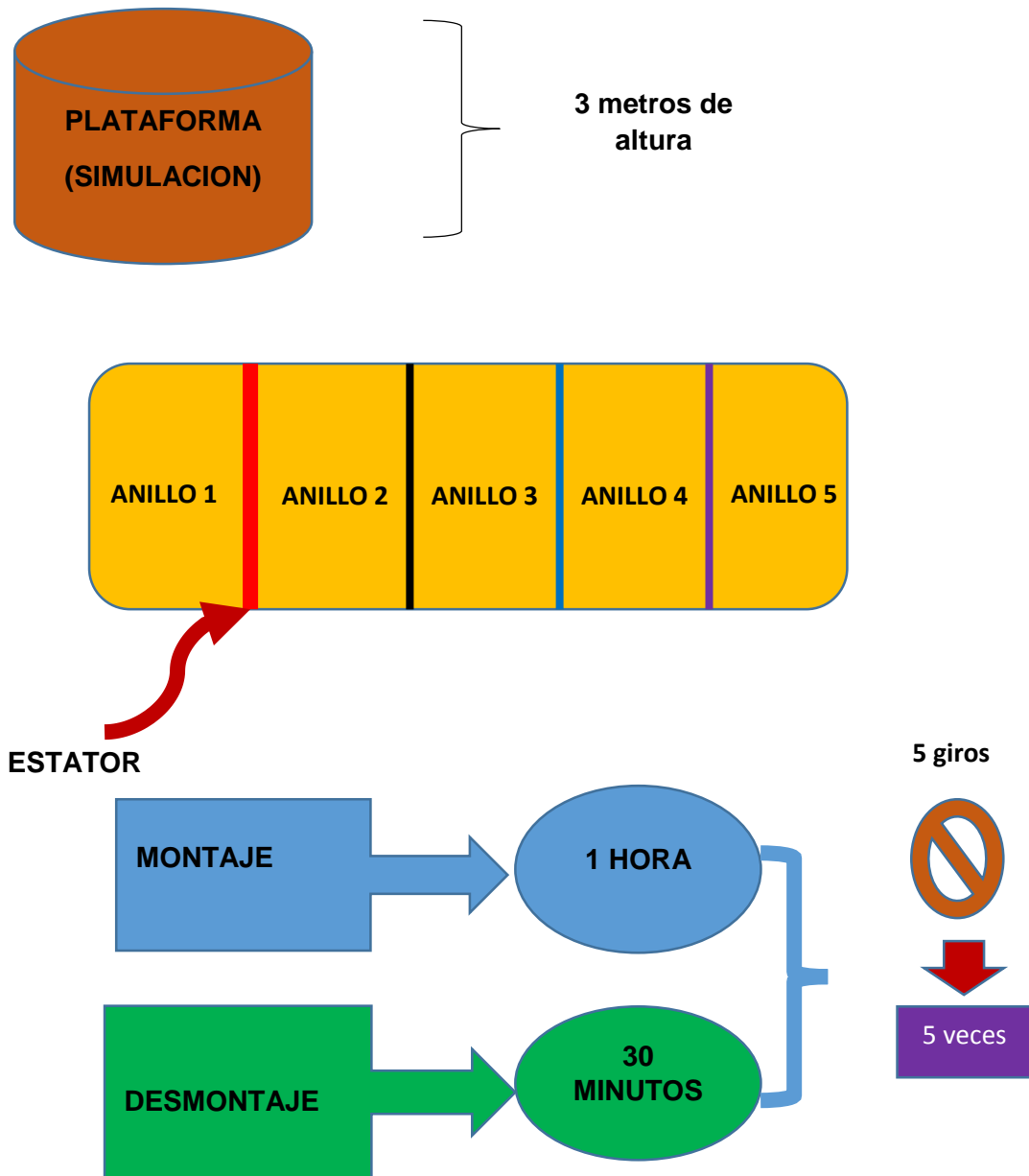


Figura 29. Simulación de las plataformas desmontables y anillos del molino con tiempos de demora.

Nota. Elaboración propia

4.3.2.- REQUERIMIENTO

Descrito lo anterior, éste armado de andamios tiene una demora en su proceso de aproximadamente 1 hora aproximadamente y esto se debe a las distintas variables como:

- El grupo de armado de andamios no siempre es el mismo personal, no teniendo la misma idea del diseño de armado, pues el relevo de personal varía la tarea empezada.
- En varias oportunidades el mismo grupo realiza el armado de ambas plataformas (lado sur y lado norte del molino), generando más horas muertas en el proceso de armado.
- El grupo de armado de la empresa contratista andamiera tienen un horario atípico, retirándose incluso antes, pues ellos trabajan bajo otra modalidad de contrato y muchas veces se retiran dejando un vacío y horas muertas debido a la espera de su relevo.
- La empresa andamiera no cuenta con un relevo en caliente estandarizado ni pactado.
- Las plataformas montadas con andamios tienen ciertos voladizos para poder alcanzar hasta los puntos requeridos en el proceso de retiro de tuercas, botado de pernos y posterior montaje de ambos. Posterior a esto se tienen que desmontar los voladizos al girar el molino para su nuevo posicionamiento, este desmontaje genera tiempos acumulables de espera.

4.3.3.-PROPUESTA DE MEJORA: FABRICACIÓN DE PLATAFORMAS FIJAS Y VOLADIZO REBATIBLE (LINERS PRIMER ANILLO DE SHELL Y LINERS TAPAS ALIMENTACIÓN Y DESCARGA)

Para mejorar tiempos de espera se sugiere fabricación de plataformas fijas y voladizos rebatibles para el cambio del primer anillo con la finalidad de eliminar el armado de andamios y todos sus inconvenientes.

Esta mejora facilitaría el cambio de los revestimientos del primer anillo y tapas; evitando el armado y desarmado continuo durante la operación de mantenimiento.

Por tanto si tendríamos éstas plataformas ahorraríamos 1 hora en armado y media hora por cada giro en el desmontaje del voladizo; ahorrando en total 3 horas y media; debido a que son 5 giros.



Figura 30. Plataformas usadas durante el proceso del cambio de revestimientos del molino de bolas

Nota. Obtención propia



Figura 31. Personal laborando durante el proceso del cambio de revestimientos del molino de bolas

Nota. Obtención propia



Figura 32. Plataformas utilizadas

Nota. Obtención propia



Figura 33. Plataformas que deberían usarse

Nota. Obtención propia

4.4.-TERCERA PROBLEMÁTICA:

4.4.1.-DEMORA EN EL PROCESO DE RETIRO TUERCAS, ARANDELAS, GOMAS DE ARANDELAS Y BOTADO DE PERNOS

Para el proceso de cambio de revestimientos del Molino de Bolas en la etapa de desmontaje de pernos de los revestimientos, se retiran tuercas, arandelas, gomas de arandelas y pernos.

Durante el retiro de tuercas, arandelas, gomas de arandelas, y botado de pernos por la parte externa del molino se advierte una demora en éste proceso, pues en las plataformas móviles de acceso para ésta operación se programa 4 mecánicos con 2 pistolas neumáticas para cada grupo de dos, ello para el retiro de tuercas, arandelas, gomas de arandelas y botado de pernos, esto en lo que se refiere a los anillos 2, 3, 4 y 5.

Los 4 mecánicos se dividen en grupos de 2 para iniciar con el retiro de tuercas y demás.

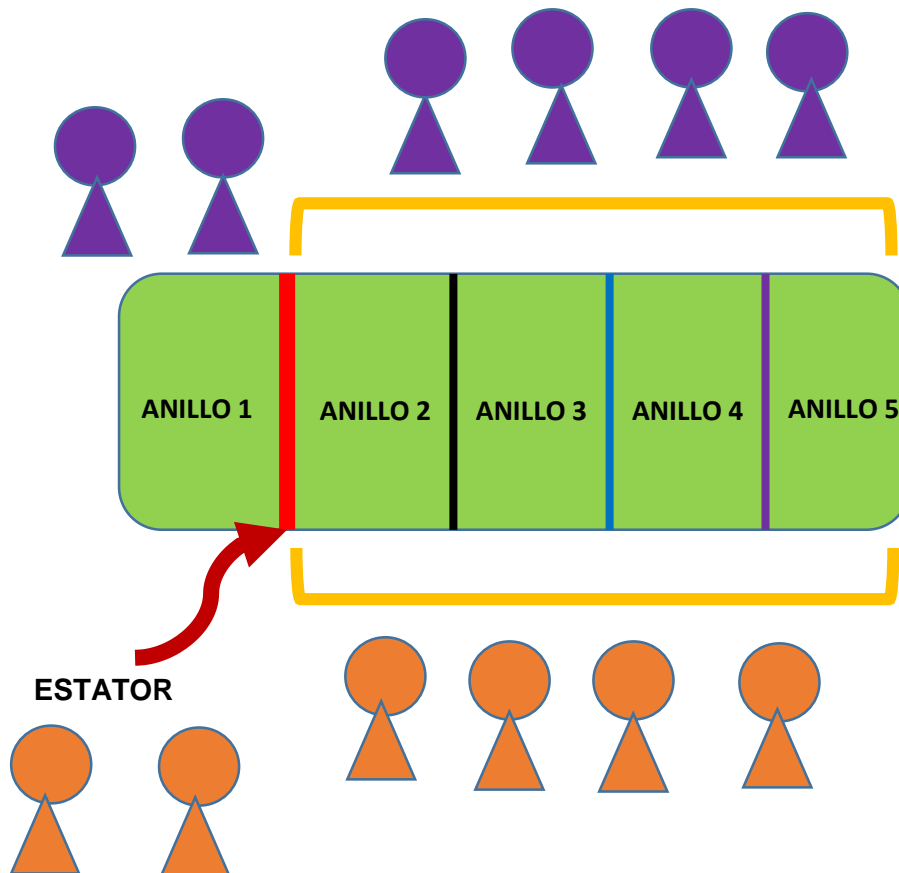


Figura 34. Mecánicos divididos en dos grupos

Nota. Elaboración propia

4.4.2.- REQUERIMIENTO

Se requiere que a la par con las dos parejas de mecánicos que están retirando las tuercas, un personal de apoyo, que vaya detrás de éstos retirando las arandelas y gomas de arandelas.

4.4.3.-PROPUESTA DE MEJORA: NECESIDAD DE UN PERSONAL MÁS, UN QUINTO MECÁNICO POR PLATAFORMAS PARA PROCESO DE RETIRO TUERCAS, ARANDELAS, GOMAS DE ARANDELAS Y BOTADO DE PERNOS EN AMBOS EXTREMOS DEL MOLINO.

Se propone aumentar a 5 el número de mecánicos por plataforma (2 plataformas: lado sur y norte) y un quinto mecánico esté a cargo de retirar las arandelas y gomas de arandelas, yendo por detrás de los mecánicos que se encuentren retirando las tuercas; con ello lograríamos mejorar el proceso de retiro del conjunto en una sola acción sin necesidad de regresar. Cada arandela y su goma demoran en retirar 1 minuto en promedio, por lo que a efecto de hacer más explícito el tiempo empleado, detallaremos de la siguiente manera el tiempo mejorado:

- Total de liners o revestimientos por molino = 120
- Total de liners o revestimientos por anillo = 24
- Total de anillos = 5
- Total de anillos contabilizados para la mejora = 4
- Total de liners o revestimientos en los 4 anillos = 96
- Total de pernos por cada liner = 4
- Total de 4 pernos por los 96 liners contabilizados = 384 pernos
- Total de arandelas contabilizadas = 384 arandelas.
- Total de tiempo ganado por arandela = 1 minuto.
- Total de tiempo ganado en el proceso de cambio liners de todo el molino = 384 minutos.
- $384 \text{ minutos} / 60 \text{ Minutos} = 6.4 \text{ horas}$ de tiempo ahorrado en todo el proceso del cambio de revestimientos del Molino de Bolas.
- 6.4 horas dividido entre dos mecánicos (quintos hombres) que trabajan a la par tendríamos 3.2 de horas efectivas ahorradas durante todo el proceso de cambio de revestimientos del Molino de Bolas.

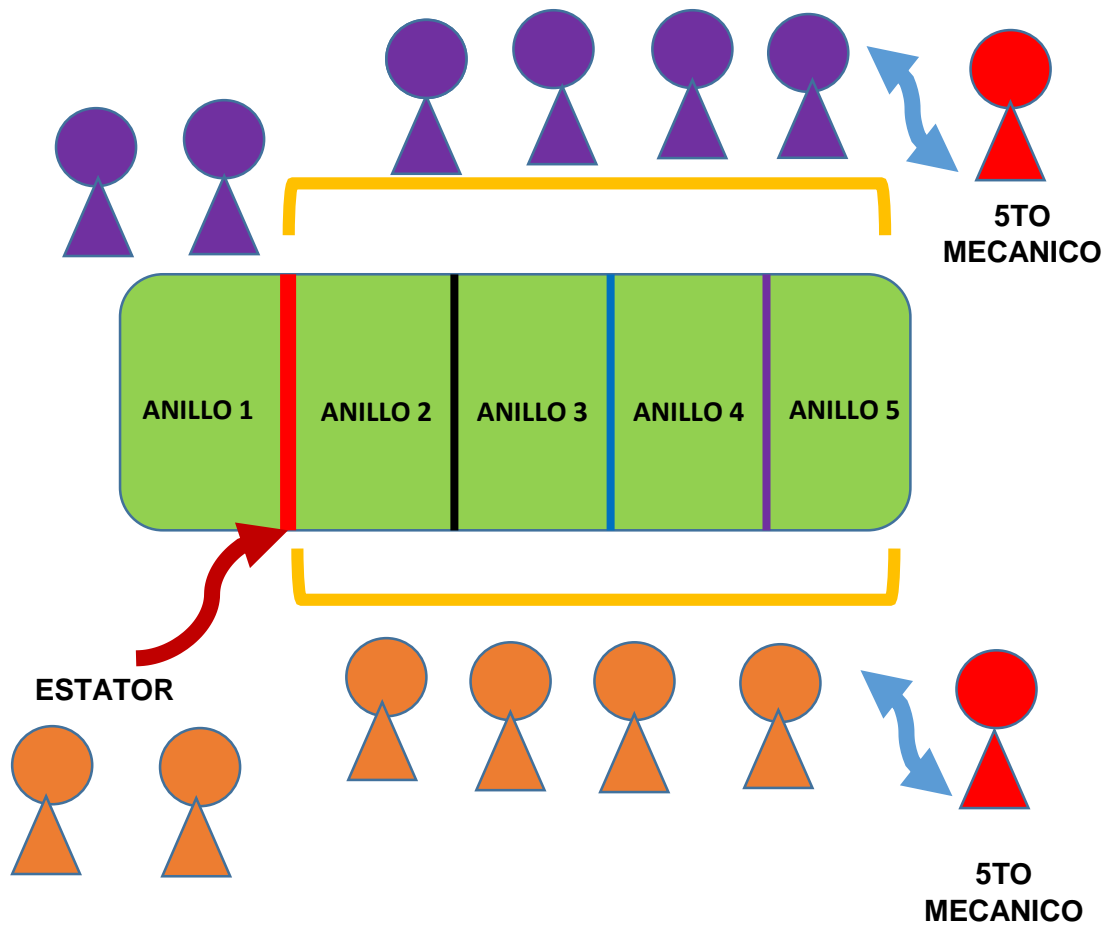


Figura 35. Un quinto mecánico como propuesta de mejora

Nota. Elaboración propia



Figura 36. Retiro de tuercas, arandelas, gomas de arandelas y botado de pernos

Nota. Obtención propia



Figura 37. Tuercas, arandelas, gomas de arandelas y botado de pernos

Nota. Obtención propia.

4.5.-CUARTA PROBLEMÁTICA:

4.5.1.-SE DETECTA MEDIDAS DE REVESTIMIENTOS DESIGUALES SEGÚN LA EMPRESA PROVEEDORA LO QUE OCASIONA RETRASOS DURANTE EL PROCESO DE CAMBIO.

Durante el armado de liners o revestimientos en la parte interna de los molinos se detectó diferencias en las medidas de dichos liners, ocasionando problemas de armado y retrasos debidos a desmontaje y corte de liners por aproximadamente 1 hora por liner encontrado. Este problema fue a raíz de la mezcla de liners de distintas fundiciones.

Lo que sucede es que la empresa adquieren los revestimientos de distintos proveedores en el mercado peruano o extranjero; ello por razones de costo. Así, se advierte que esta situación acarrea un problema para la labor en planta y más aún para la presente operación, originando pérdidas de tiempo para su efectivo cambio. Este inconveniente no debería suscitarse pues los planos de fundición para estos revestimientos obedecen se supone a medidas únicas, empero se detectó que varía según la empresa proveedora.

4.4.2.- REQUERIMIENTO

Se necesita que los revestimientos sean proveídos respetando los planos con las medidas oficiales pues en pleno trabajo se advierte que el revestimiento no calza, por medidas divergentes, que en definitiva retrasan el proceso.

4.4.3.-PROPUESTA DE MEJORA: UTILIZAR LOS REVESTIMIENTOS DE LAS EMPRESAS PROVEEDORAS NACIONALES A CONDICION

Se propone utilizar los revestimientos de las empresas proveedoras nacionales pero si se encontrara algún desfase en las medidas se procederá a poner en conocimiento de la empresa proveedora y multar por el tiempo de demora; siendo ésta situación la utilización de los revestimientos a condición.

Cabe mencionar que éste problema no se suscita con los revestimientos proveídos por la empresa extranjera de revestimientos originales, pues ellos si respetan las medidas oficiales de los liners.

Con ésta mejora se logrará concientizar a las empresas proveedoras y que logren estandarizar y que hagan un control de calidad de sus productos; respetando las medidas originales de los planos entregados; ahorrando de ésta manera a su vez una hora por cada liner que llega desfasado.



Figura 38. Medidas de liners disparejos

Nota. Obtención propia

CONCLUSIONES

- Como se ha visto el cambio de revestimientos en los molinos de bolas es una operación compleja y de cuidado que es realizada respetando paso a paso todos los lineamientos de seguridad establecidos, se advierte que pese a tener bien definidos sus procedimientos, existen muchas observaciones y falencias subsanables, técnicas y operativas, que no implica gran inversión por parte de la empresa minera.
- Existen mejoras viables que pueden aplicarse al cambio de revestimientos actual que se realiza en minería, las mismas pueden ahorrar tiempos y costos, siendo estas propuestas sólo algunas, toda vez ésta operación brinda muchas aristas y oportunidades de innovación y solución.
- Para el Cambio de Revestimientos se propone un Relevó en Caliente, el cual se ejecuta cada vez que existen paradas de planta u operaciones que involucran de sobremanera a la empresa; y más aun tratándose de operaciones que se realizan anualmente o cada 9 meses según sea el caso. La propuesta es que la guardia ingresante (de relevó) lo haga 1.5 horas antes (aumentando las 12 horas de labor reglamentadas, toda vez que ello si está permitido hasta 16 horas), con la finalidad de realizar la charla de seguridad preestablecida por la empresa de forma obligatoria, llenado de documentación (permisos, formatos, y demás

documentación requerida a diario), verificación de bloqueo y tarjeteo, cambio de tarjetas en zonas delimitadas, firmas de nuevos permisos con supervisión entrante, reunión con personal para indicaciones generales de seguridad y avance del trabajo, entre otras que se realizan por normativa interna. Lo que se desea es optimizar al máximo el tiempo utilizado sin interrupciones para que éste cambio sea inmediato.

- Para mejorar tiempos de espera se sugiere fabricación de plataformas fijas y voladizos rebatibles para el cambio del primer anillo con la finalidad de eliminar el armado de andamios y todos sus inconvenientes. Esta mejora facilitaría el cambio de los revestimientos del primer anillo y tapas; evitando el armado y desarmado continuo durante la operación de mantenimiento. Por tanto si tendríamos éstas plataformas ahorraríamos 1 hora en armado y media hora por cada giro en el desmontaje del voladizo; ahorrando en total 3 horas y media; debido a que son 5 giros.
- Se propone aumentar a 5 el número de mecánicos por plataforma (2 plataformas: lado sur y norte) y un quinto mecánico esté a cargo de retirar las arandelas y gomas de arandelas, yendo por detrás de los mecánicos que se encuentren retirando las tuercas; con ello lograríamos mejorar el proceso de retiro del conjunto en una sola acción sin necesidad de regresar. Cada arandela y su goma demoran en retirar 1 minuto en promedio, por lo que a efecto de hacer más explícito el tiempo empleado, tendríamos 3.2 de horas efectivas ahorradas durante todo el proceso de cambio de revestimientos del Molino de Bolas.
- Se propone utilizar los revestimientos de las empresas proveedoras nacionales pero si se encontrara algún desfase en las medidas se procederá a poner en conocimiento de la empresa proveedora y multar por el tiempo de demora; siendo ésta situación la utilización de los revestimientos a condición. Cabe mencionar que éste problema no se suscita con los revestimientos proveídos por la empresa extranjera de revestimientos originales, pues ellos si respetan las medidas oficiales de los liners. Con ésta mejora se logrará concientizar a las empresas proveedoras y que logren estandarizar y que hagan un control de calidad de sus productos; respetando las medidas originales de los planos entregados; ahorrando de ésta manera a su vez una hora por cada liner que llega desfasado.
- La propuestas de mejora sugeridas buscan solucionar problemas que implican pérdidas a la empresa y en nosotros los trabajadores garantizan tiempos de trabajo efectivos e incrementa la motivación y deseo de innovación.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda a la empresa minera, seguir incentivando en sus trabajadores el deseo de innovación y propuestas de mejora, ello en beneficio de la propia empresa y para el desarrollo y realización personal y cognitiva de los propios trabajadores.
- Se recomienda a los trabajadores encargados del cambio de revestimientos del molino de bolas que continúen con el mantenimiento predictivo, pues ello garantiza el éxito de las operaciones en conjunto.
- Se recomienda a las empresas contratistas que prestan servicios para el cambio de revestimientos aunarse a la política de mejoras en esta operación y colaborar en las futuras propuestas de mejora, pues todo es posible con una adecuada negociación, en donde saldrán favorecidos trabajadores, contratistas y empresas mineras.
- Se recomienda a los Jefes inmediatos Superiores responsables de los cambios de revestimientos den a conocer las mejoras propuestas, ello a fin viabilizar su ejecución.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARANCIBIA, Sara y otros (2015). *Identificación de Factores Clave en la Cultura de Innovación. El Caso de la Mediana Minería en Chile*. Journal of Technology Management and Innovation, 10(1), 132–145. [en línea]. [Fecha de consulta: 02 de febrero de 2018]. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84928230849&partnerID=tZOtx3y1>
2. GONZALES, Claudio y otros (2003) *Análisis De Estrategias Competitivas En Sectores Industriales Del Perú*. Industrial Data UNMSM. Perú.
3. Sepúlveda, J. E., “A Phenomenological Model of Semiautogenous Grinding Processes in a Moly-Cop Tools Environment”, Proceedings SAG 2001 Conference, Vol. 4, pp. 301-315, Vancouver, B. C., Canada.
4. *Austin (1984) y Austin y Concha (1994) “Diseño y Simulación de Circuitos de Molienda y Clasificación”* [en línea]. [Fecha de consulta: 20 de octubre de 2018]. https://www.academia.edu/4003258/Austin_Concha_Disenio_y_Simulacion_de_circuitos_de_Molienda_y_Clasificacion.
5. Polysius, “Manual para molinos de bolas POLYSIUS” (2015), SMCV, Arequipa.