

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA

**IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE LUBRICACIÓN AUTOMÁTICA
PARA ROTOPALAS 1 Y 2, ÁREA DE RIPIOS, MINERA SPENCE.**

Trabajo de Titulación para optar al
Título de Ingeniero de Ejecución en
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.

Alumnos:

Daniela Cristina Fernández Obregón

Profesor Guía:

Eduardo Vidal

RESUMEN

KEYWORDS: PLANES DE MEJORA, CIRCULOS DE CALIDAD.

Los círculos de calidad nacen en Japón en 1960, después de la segunda guerra mundial.

Kaoru Ishikawa, popularizó el círculo de calidad japonés, este concepto se expandió enfatizando la colaboración y resolución de problemas en un pequeño grupo. En este trabajo de titulación se basa la solución a la problemática en un círculo de calidad en donde se evaluaron varias soluciones llegando a la más cómoda y de bajo impacto tanto para los mantenedores como para el equipo.

En este escrito se le da el enfoque en propuestas de planes de mejora para la lubricación de rodamientos y poleas de rotopalas del área de rípios de Minera Spence, pero también se puede implementar la misma solución en diferentes áreas en donde se requiera una lubricación constante en componentes que son de difícil acceso físico o donde el equipo debe cumplir continuidad operacional.

El área de rípios se dedica a la remoción de material desmineralizado para generar espacio de apilamiento para el inicio del ciclo de lixiviación del cobre. Se debe considerar la operación continua del proceso en donde no se detiene exceptuando para una mantención programada a la semana, por lo tanto, se requiere mantener cada área en funcionamiento y con sus amenazas controladas.

En el capítulo número uno se expone el proceso por el cual se obtiene el mineral, explicando en que consiste cada etapa poniendo énfasis al área en donde se presenta la problemática, posibles orígenes y las consecuencias de esta.

En el capítulo número dos se explicará la metodología BOS implementada en Minera Spence, con la cual desarrolla los círculos de calidad.

En el capítulo número tres se expondrá todas las soluciones tomadas en cuenta para la solución a la problemática y la comparación de la solución final con respecto a las pérdidas de la compañía Minera.

INDICE

RESUMEN	3
SIGLAS Y SIMBOLOGIA	10
SIGLAS:	10
INTRODUCCION	12
OBJETIVO GENERAL	13
OBJETIVO ESPECIFICO	13
CAPITULO 1: ANTECEDENTES GENERALES	14
1. ANTECEDENTES GENERALES	15
1.1. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA	15
1.2. PROPÓSITO Y VISIÓN	16
1.3. ORGANIGRAMA	17
1.4. PROCESO DE EXTRACCIÓN	18
1.5. ¿QUE SIGNIFICA PARA EL PROCESO LA DETENCION DE UNA ROTOPALA?	22
1.6. PROBLEMÁTICA	26
CAPITULO 2: METODOLOGIAS	28
2. METODOLOGIAS	29
2.1. BOS	29
2.2. MIP	33
2.3. CIRCULO DE CALIDAD	38
2.3.1. Resumen del proceso.....	42
2.4. SOLUCIONES AL PROBLEMA	43
Solución 1: Bomba Manual.....	44
Solución 2: Bomba neumática.....	45

Solución 3: Sistema de lubricación automática	46
CAPÍTULO 3: EVALUACIÓN TECNICA Y ECONÓMICA	48
3. EVALUACIÓN ECONOMICA	49
3.1. IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO	49
3.1.1. Funcionamiento de sistema de lubricación	51
3.1.2. Estandarización de proyecto	52
3.1.3. Revisión y cierre de circulo de calidad	54
3.2. Evaluación económica	56
3.2.1. Componentes sacrificados	56
3.2.2. Planta área seca detenida	58
3.2.3. Equipos de apoyo requeridos	59
3.2.4. Hora hombre utilizada	60
3.2.5. Costos de instalación sistema de lubricación	64
3.2.6. Comparación de HH entre los métodos de lubricación	65
3.3. BENEFICIOS OBTENIDOS.	68
3.3.1. Beneficios en seguridad	68
3.3.2. Beneficios en producción.	70
3.3.3. Beneficios económicos.....	72
3.3.4. Factor de riesgo	74
3.3.5. Cuadro resumen	76
ANEXOS	77
CONCLUSIÓN	89
BIBLIOGRAFÍA	91

INDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Edificio de harneros. Minera Spence BHP.

Figura 1-2: Organigrama BHP

Figura 1-3: Diagrama de flujo planta de ripios. Minera Spence BHP.

Figura 2-1: Practicas BOS

Figura 2-2: Tablero MIP. Mecánicos ripios

Figura 2-3: Formato RdP (1)

Figura 2-4: Formato RdP (2)

Figura 2-5: Desperdicios sistema operativo BOS

Figura 2-6: Formato de one page para crear circulo de calidad

Figura 2-7: Estándar de creación circulo de calidad

Figura 2-8: Tira de inquietud dialogo MIP

Figura 2-9: Matriz de priorización dialogo MIP

Figura 3-1: Gabinete de lubricación y deposito con bomba eléctrica

Figura 3-2: Formato de ficha para utilizar en aplicación Yammer

Figura 3-3: Planificación de inspección sistema de lubricación

Figura 3-4: Distanciamiento de puentes y pilas

Figura 3-5: Retiro de sistema de lubricación obsoleto rotopala 2

Figura 3-6: Solución de lubricación #2

Figura 3-7: Grafico comparativa producción de área de ripios.

INDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Valorización de Rotopala detenida

Tabla 2-1: Colores de tiras de inquietud

Tabla 2-2: Descripción de desperdicios BOS

Tabla 2-3: Comparación de soluciones de lubricación a rotopalas

Tabla 3-1: Resumen de costos repuestos críticos en rotopala

Tabla 3-2: Resumen costos de equipos de apoyo

Tabla 3-3: Sueldos base de personal de planta Spence

Tabla 3-4: Resumen de valores de operadores equipos de apoyo

Tabla 3-5: Resumen de gastos en detención de rotopala

Tabla 3-6: Resumen gastos en instalación de gabinetes de lubricación

Tabla 3-7: Comparativa de gastos con respecto a proyecto

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: One page Circulo de calidad

Anexo 2: Estandarización circulo de calidad. Paso a paso de inspección

Anexo 3: Estandarización de circulo de calidad. Check list del equipo

Anexo 4: HDS grasa Mobilith SHC 220

Anexo 5: Ficha técnica de gabinete de lubricación

Anexo 6: Documentación de trabajo. ERT 2.0 Anexo

7: IS atrapamiento/aplastamiento

Anexo 8: IS Liberación Descontrolada de energía

Anexo 9: IS Caída de objetos

Anexo 10: Gabinete de lubricación automática.

SIGLAS Y SIMBOLOGIA

SIGLAS:

BHP: Broken Hill Proprietary Company Limited.

BOS: BHP Operation System. (sistema operativo BHP).

5S: Metodología Japonesa de la mantención para mejorar eficiencia de la organización.

HDS: Hoja de seguridad.

PIB: Producto interno bruto

M.S.N.M: Metros sobre el nivel del mar.

RdP: Resolución de problemas.

HH: Hora Hombre.

PSI: Pound-force per square inch/ libra por pulgada cuadrada.

NLGI: Instituto nacional de grasas lubricantes.

ISO VG: Grado de viscosidad de la organización internacional de estandarización.

NPT: National pipe thread / rosca nacional de tuberías.

SAP: Software de gestión empresarial.

MONCON: Monitoreo y condiciones.

SIMBOLOGÍA

Ton/hr: Tonelada por hora

ml: Mililitros kg:

Kilogramos lt/min: Litros

por minuto

INTRODUCCION

La minería es una de las principales actividades de la economía chilena. Actualmente aporta el 11% del PIB nacional, y es el área con mayor inversión extranjera con un 33,3% del total (revista Minería). El país es el principal productor a nivel mundial de cobre, litio, yodo, entre otros minerales, además destaca su participación en la producción de molibdeno, plata y oro.

El pueblo de los atacameños matique habitaban en el interior del Desierto de Atacama, fue el primero en incursionar en la explotación de minerales en Chile. Extraían cobre y oro, dándole uso en fabricación de joyas, hachas, máscaras, etc. Se usaban herramientas de madera y piedras talladas, así como barrenos y cinceles para su extracción, para su fundición ocupaban hornos. Gracias al cobre, Chile pudo reponerse a la crisis salitrera y la gran depresión de 1929. La industria se vio revolucionada por la utilidad del mineral en las conexiones eléctricas, telefónicas y en la electrónica en general, elevando su demanda mundial. Gracias a la incorporación de tecnología de los Estados Unidos, permitiendo la explotación de yacimientos con leyes inferiores al 7%. Así es como se descubrió el proceso de flotación en 1901, el cual permitía separar el mineral sulfurado de cobre del resto del componente de la roca original.

Minera Spence es una compañía la cual explota principalmente cobre por el proceso de lixiviación, con una reciente planta concentradora sumó la extracción de molibdeno. Spence constituida en el año 2006 con la planta de lixiviación y obteniendo cátodos de cobre mediante electro obtención (EW), se define como una compañía la cual “trabaja con disciplina, pasión y respeto para generar cobre sustentable que el mundo necesita”, para alcanzar el propósito antes mencionado el proceso de obtención de cobre es continuo, operando sus equipos 24/7. El proceso es constituido por áreas tales como: área mina, área seca, área húmeda y área de ripios. Es en esta última área donde trabaja un equipo llamado rotopala que tiene como función retirar el material desmineralizado para generar espacio a la fabricación de pilas dinámicas. Este equipo se expone a la interacción con material constante, el cual genera fallas estructural y funcionalmente. Todos los

componentes deben tener una lubricación eficiente y continua para evitar fallas y deterioro de los elementos que componen el equipo para su correcta operación. Es en este ítem donde se encuentra la problemática la cual se solucionará con la metodología de círculos de calidad implementados mediante el sistema operativo BOS de la compañía.

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una solución de lubricación a equipo de rotopala, mediante metodología de mejora continua y círculos de calidad, para tener una baja porcentual en las mantenciones reactivas del equipo.

OBJETIVO ESPECIFICO

- Realizar inspección completa al equipo y su sistema de lubricación implementada por la empresa para optimizar uso de rotopalas, mediante la corrección de los puntos críticos utilizados antes de sistema de lubricación.
- Proponer alternativas de solución, implementando metodologías de círculo de calidad a la empresa; con el fin de evitar detenciones prolongadas del equipo.
- Evaluación técnica/económica solución final a la problemática de lubricación considerando variables tales como; salud, seguridad, inversión económica, tiempos de implementación y ahorro de HH en mantenciones rea

CAPITULO 1: ANTECEDENTES GENERALES

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA

Minera Spence es una mina de cobre a cielo abierto, la cual en conjunto a Minera Cerro Colorado forman *Pampa norte* quien es propiedad total de BHP. Minera Spence está ubicada en la región de Antofagasta, en la comuna de Sierra gorda a 1.750 m.s.n.m.

Este yacimiento fue encontrado en 1996, pero fue adquirido por BHP en 2004. Hasta el 31 de marzo del 2006, la compañía estaba en la etapa de desarrollo y enfocó sus actividades en la construcción y puesta en marcha de su proyecto minero, actualmente está en operaciones.

La compañía inicio la extracción y comercialización de minerales el 1 de enero del 2007. Producción del año 2022 llegó a 241.327 ton/año promedio de cátodos de cobre. Spence produce cátodos de cobre a través de operaciones mineras realizadas a cielo abierto y el tratamiento de minerales en la planta ubicada en la mina, incluye chancado en tres etapas: lixiviación en pilas, extracción por solventes y electro obtención. Los cátodos son transportados en tren hasta el puerto de Mejillones, donde se envían y entregan a los clientes.



Fuente: Minería Chilena (mch.cl)

Figura 1-1. Edificio de harneros. Minera Spence BHP.

BHP ha construido una nueva concentradora de \$2.46 mil millones que pueden procesar 95.000 toneladas de materia prima por día, extendiendo la vida útil de las instalaciones en el norte de Chile en más de 50 años. Esta nueva planta fue construida con una fuerza laboral inclusiva y diversa. Hoy, el 32,7% de trabajadores Spence son mujeres y BHP seguirá avanzando en esta dirección. Además, durante el proceso de construcción donde trabajaron más de 12 mil trabajadores fue el único proyecto minero en Chile que no detuvo su construcción durante la pandemia.

1.2. PROPÓSITO Y VISIÓN

Spence vive el propósito como la oportunidad de discernir entre decisiones que son correctas y generan valor real, de aquellas que son simplemente fáciles o incluso técnicamente elegibles.

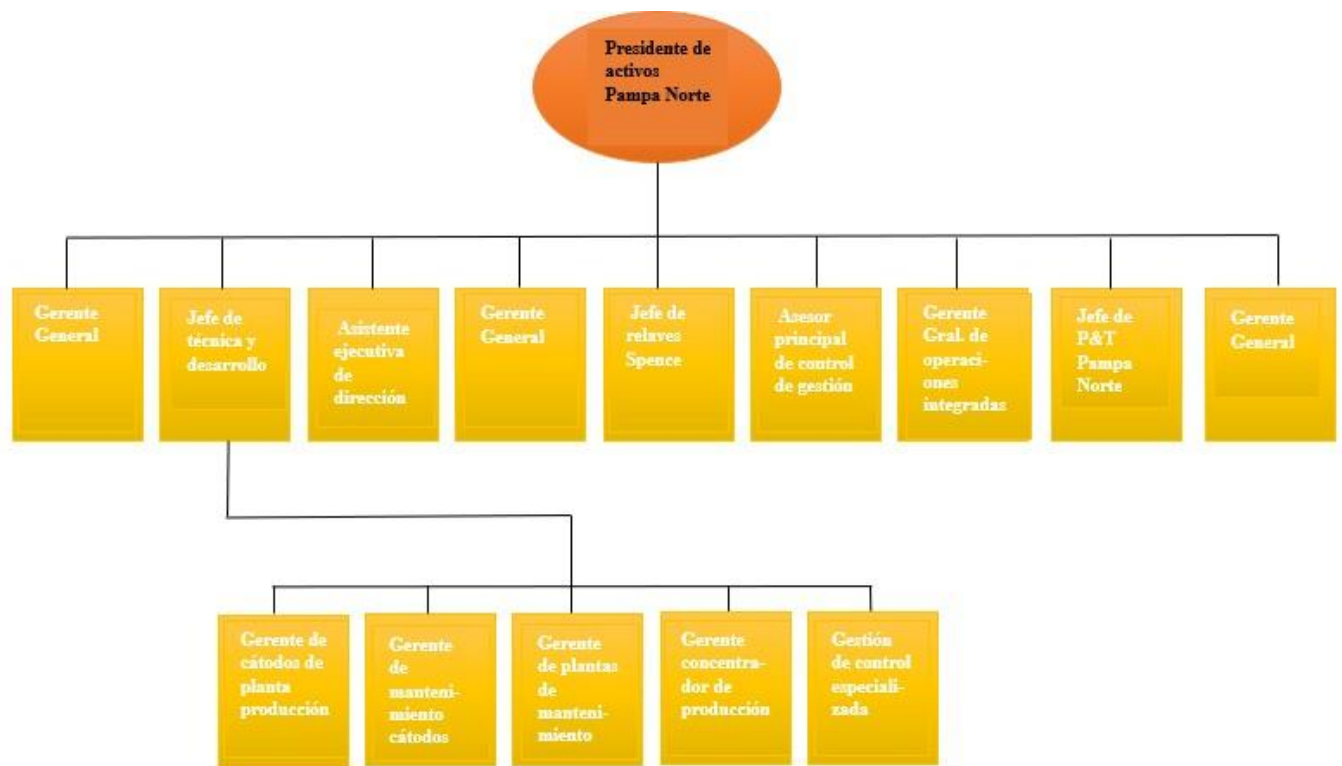
Propósito: *Ser un equipo de excelencia, inclusivo y diverso que disfruta produciendo cobre y molibdeno sustentable, enfocados en nuestros clientes.*

Visión de mantenimiento: *Integramos a nuestros equipos con diferentes aliados estratégicos, para proveer plantas confiables mediante un mantenimiento seguro y oportuno”*

1.3. ORGANIGRAMA

La organización de Spence la encabeza el presidente de Pampa Norte quien está a cargo de 5.000 trabajadores aproximadamente; los cuales se dividen en área mina, área seca, área húmeda y concentradora.

Spence lidera la integración de mujeres en minería con un 38% de su dotación total triplicando la media nacional de la industria (12,6%), las cuales ocupan puestos de liderazgo, operadoras y mantenedoras en todas las áreas de la empresa.



Fuente: Sitio web BHP

Figura 1-2. Organigrama BHP

Con mayor presencia femenina Spence tiene la tarea de avanzar en la implementación de medidas con foco en la flexibilidad laboral, programas para la prevención del acoso y agresión sexual, además de la constante adaptación de la infraestructura en faena.

1.4. PROCESO DE EXTRACCIÓN

Minera Spence cuenta con la extracción de mineral de cobre a rajo abierto, el cual es extraído mediante camiones operados de manera mecánica por conductores calificados. actualmente se está implementando la operación de perforadoras, palas y camiones de manera autónoma.

Área Mina: Esta área es la cual obtiene mediante tronadura controlada, explotar el yacimiento para obtener así la piedra mineralizada; con la cual se alimentará el proceso de electro obtención.

Los sitios por explorar serán perforados con el fin de formar una cavidad cilíndrica al interior del macizo rocoso con el objeto de explorar, preparar explosiones o hacer túneles. El número de pozos a perforar, su ubicación y característica propias respecto a otros pozos define una malla o diagrama de perforación, la que guardara la relación con las características de la roca, infraestructura de la mina y equipos disponibles.

Al ser un rajo abierto se avanzará de forma sucesiva lateral y en profundidad, posterior a la exploración seguirá la tronadura, este método permitirá obtener áreas de trabajo de grandes dimensiones, así como también se requerirá maquinaria de capacidades sobresalientes.

Esta maquinaria son palas y camiones de alto tonelaje los cuales serán los equipos que carguen y transporten las rocas obtenidas en la explotación, que pueden variar entre 1 mm hasta rocas mayores a un metro de diámetro. Por lo anterior se requiere un proceso el cual reduzca e iguale el tamaño de las rocas. Se da paso al proceso de chancado y cambio de área.

Área Seca: Esta área comienza con el proceso de chancado el cual como se explica anteriormente se reducirán a tamaño uniforme las rocas obtenidas por la explotación. Spence cuenta con un chancado MK2 y con capacidad de carga de 3600 ton/hora. Este equipo mediante movimiento excéntricos comenzara a triturar las rocas antes mencionadas, entregando rocas de tamaño 7.5 pulgadas las cuales serán transportadas mediante correas hacia los procesos de chancado secundario y terciario.

Existen 2 chancadores secundarios los cuales se alimentará con 1000 ton/hr como promedio, pero en lo real trabaja entre las 700 y 800 ton/hr el cual seguirá con la función de reducción de mineral a un tamaño de entre un 2.5 a 3 pulgadas. Cinco son los chancadores terciarios que con la misma capacidad de alimentación entregaran el material con un tamaño de $\frac{3}{4}$ de pulgadas. Chancadores secundarios y terciarios corresponden a un modelo MP1000 los cuales trabajaran con un porcentaje del 40% al 60% de recamara de molienda.

El material reducido se llevará mediante correas hacia el edificio de harneros los cuales separaran el material que corresponde al tamaño del que por alguna razón no se trituro de mejor manera. Ya con el material harneado y agregándole sal en las correas de alimentación se alimentarán 2 tambores aglomerados, tambor 01 alimentado con hasta un máximo de 2500 ton y tambor 02 con hasta 1500 ton en estos tambores se le agregara refino y ácido sulfúrico.

Por medio de correas de altas longitudes se alimentarán apiladores de oxido y sulfuros los cuales generaran pilas dinámicas de entre 7 a 8 metros de altitud; estos apiladores no trabajan en simultáneo, sino que dependiendo del mineral que extraerán desde el rajo. Para generar las pilas previamente se debe preparar el patio instalando mangueras y material impermeable al suelo para lograr la recuperación de la solución.

Área húmeda: En esta área se aplica un procedimiento hidrometalúrgico, lo que significa la extracción de metales a través del uso de soluciones líquidas.

Desde los tambores de aglomerado el material se transporta mediante correas a los equipos de apilamiento de las rocas reducidas. Estos equipos forman montículos de entre 6 a 8 metros de alto las cuales se denominan pilas, por sobre estas se instala un sistema de riego

por goteo y aspersores que cubren toda el área. El procedimiento conocido como curado se trata de rociar el material apilado con una solución de agua con ácido sulfúrico para comenzar con la lixiviación, este mecanismo se encarga de disolver el cobre contenido en los minerales formando una emulsión de sulfato de cobre.

A los costados de cada pila existen canaletas las cuales recogerán la emulsión de cobre las cuales se llevan primeramente a piscinas desarenadoras para ser clasificadas según solución. La lixiviación dura entre 45 a 65 días para intentar diluir la cantidad máxima de cobre. Estos líquidos se limpian para remover los restos sólidos que podrían haber sido arrastrados y se llevan a una próxima etapa de purificación llamada extracción por solvente. El objetivo es liberar impurezas al sulfato de cobre para aumentar la concentración mediante la aplicación de compuesto de parafina y resina orgánica que capturan los iones de cobre de forma selectiva.

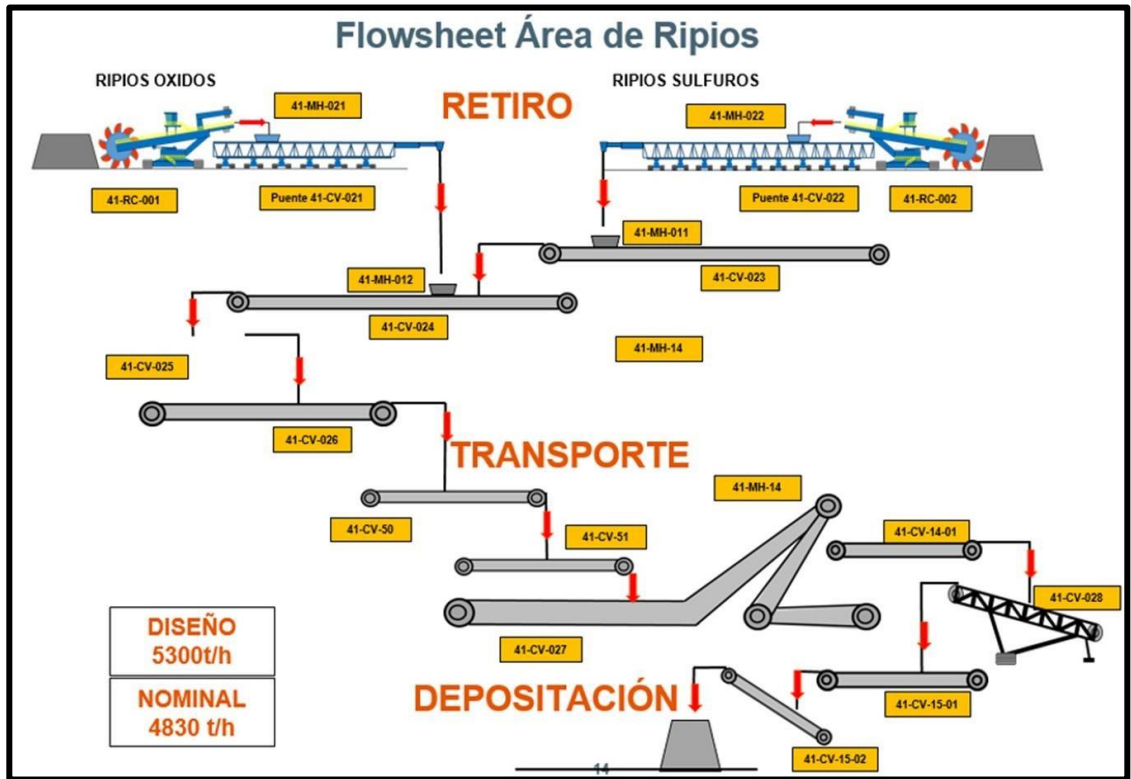
La solución resultante es la que se lleva; posteriormente, a la etapa de Electro obtención, que tal como su nombre lo indica, recupera el cobre mediante la aplicación de energía eléctrica. Como se indica, el proceso de producción del cobre oxidado es más rápido que el del mineral sulfurado. Ya queda muy poco para que llegemos a los cátodos de 99,99% de pureza.

Área Ripios: Esta área es quien se preocupa de remover el material sin el mineral rojo. Mediante equipos llamados rotopalas que remueven las pilas conducidas a través de correas transportadoras hacia un botadero, en el cual se va apilando y de la misma forma armando una plataforma de trabajo para seguir avanzando en el desecho de los ripios.

Esta área trabaja con dos rotopalas, RC-01 extrae material de pilas de óxidos y RC-02 extrae material de las pilas de sulfuros. Son equipos de gran envergadura con 9 capachos o baldes de extracción las cuales logran una capacidad de extracción promedio de 5.000 ton/hr, funcionan con electricidad de media tensión y sus movimientos y traslados son a través de equipos hidráulicos.

Estos equipos descargan hacia una correa de puente el cual descargara a un chute(cajón) receptor para guiar así el material mediante correas transportadoras hacia un equipo llamado esparcidor, este equipo lo componen correas móviles de corta distancia. Correas móviles se refiere a que son correas cortas que se mueven a través de orugas y articuladas las cuales se pueden posicionar donde se requiera, ya que se debe mover de forma

transversal esparciendo el ripio. Este equipo apila el material en conos de 4 metros y son ordenados o reposicionados con ayuda de equipos móviles tales como excavadoras y bulldozer para lograr una plataforma de trabajo y así poder ir avanzando con los equipos.



Fuente: Planificador de Área de ripios. Minera Spence

Figura 1-3. Diagrama de flujo planta de ripios. Minera Spence BHP.

Los equipos de mayor criticidad del área de ripios son aquellos que mantienen una operación y movilidad constante, los cuales son ambas rotopalas y la correa CV-15-2, ésta correa es quien sostiene la cabina de operación de la pluma que oscila para disponer el material en el botadero. El equipo se mueve mediante un sistema de piñón corona, el cual se puntualiza como el punto crítico del equipo, para realizar los movimientos de rotación de la pluma y se traslada a través de dos orugas.

Las rotopalas son equipos como se mencionaba anteriormente de gran envergadura y con muchos puntos críticos para los mantenedores, ya que tiene lugares de difícil acceso a las

inspecciones y al mantener contacto permanente con agentes contaminantes o polución los elementos giratorios tales como; poleas, rodamientos, cilindros de levante pluma, entre otros, son los que tienen mayor impacto en las fallas.

Bajo estas condiciones agresivas para los elementos mecánicos se tomó en cuenta el tema de la lubricación de estos de manera seria, ya que al tener una falla reactiva de este equipo sería de tiempo prolongado de reparación. Principalmente porque son repuestos de gran tamaño y los cuales no se encuentran dispuestos en bodegas internas. Son repuestos delicados y se atrofiarían mantenerlos al sol y a la polución.

1.5.¿QUE SIGNIFICA PARA EL PROCESO LA DETENCION DE UNA ROTOPALA?

Si bien es un equipo que extrae material desmineralizado para ser eliminado, es el equipo encargado de generar espacio para la generación de nuevas pilas y darle continuidad operacional al proceso de lixiviación. El proceso de extracción y generación de las pilas son procesos que van en paralelo en donde la distancia mínima entre ambos puentes es de 60 metros, esto quiere decir, si la distancia entre ambos es menor a la antes mencionada se detendrá la operación del apilador por el riesgo de impacto de equipos móviles lo cual se considera un riesgo material. Esta detención de apilado genera una detención en el proceso aguas abajo o en el proceso previo a la generación de pilas por lo tanto la detención se paralizará desde la extracción en el área de mina, paralizando la movilización de material con camiones, alimentación a los chancadores y tambores de aglomerados.

La paralización del proceso previo es quien cuantificara las pérdidas generadas por cada hora de avería de la rotopala, es decir, una hora del área seca detenida se traduce a US\$108.000 por hora. En una falla de lubricación de rueda de capacho se deberá cambiar rodamiento de esta por lo que el tiempo que estará el equipo detenido será un mínimo de 7 días con turno día y noche (24 horas).

Tabla 1-1: Valorización de Rotopala detenida.

Horas	Valorización US\$
1 hora	108.000
24 horas (1 día)	2.592.000
168 horas (7 días)	18.144.000
360 horas (15 días)	38.880.000

Fuente: Elaboración propia

Minera Spence alcanza US\$2.592.000 de pérdidas por día al detener el proceso de apilado, por lo que una detención de rotopala por falla de lubricación de rodamientos rueda de capachos haría un total de US\$18.144.000 por siete días detenidos. A esta pérdida de producción también hay que agregarle incrementar HH, repuestos, equipos de apoyo, colaboración de empresas externas si fuese necesario (maestranzas), entre otros. Por ende, no se cumpliría metas productivas de cobre propuestas abriendo paso al decrecimiento en generación de cátodos.

Por lo anterior, personal mecánico debe mantener las inspecciones periódicas en el equipo para lograr programar de mejor forma el reemplazo de componentes defectuosos, es aquí donde comienza la problemática.

Mecánicamente las inspecciones son efectuadas con regularidad, dando énfasis al sistema de tracción del equipo; tales como las orugas y sus componentes, elementos de las cintas transportadoras como polines, poleas y raspadores, daños estructurales en general, entre otros. Son tareas las cuales se encuentran planificadas para realizarlas todas las semanas.

Al hablar de lubricación y sistemas hidráulicos las cosas se modifican, ya que si bien existen tareas de inspección para la unidad hidráulica de la rotopala en donde se generan los movimientos de subir y bajar pluma, girar tornamesa y frenos; la lubricación de los elementos donde existe el impacto constante con la polución no se habla en ninguna parte. En el equipo viene incorporada una unidad de lubricación progresiva marca Delimon la cual tiene líneas con lubricantes dirigidas hacia el rodamiento de tornamesa, polea de cabeza y rueda de capacho, pero cuando se intenta realizar la prueba para comprobar funcionamiento, no se conocía el accionamiento de este. Se hace revisión del manual

incorporado en el equipo y habla de un sistema de lubricación progresivo con ciclos de lubricación de *circulación* (cantidad de ciclos preestablecidos) y *duración* (duración del ciclo preestablecida) *controladas*, accionado mediante relés eléctricos el cual debe tener un periodo de vigilancia, si falla el funcionamiento el sistema de lubricación quedaría en avería, debiendo acercarse a desconectar bomba a modo de reinicio. Al ser accionado por medio de pulsos eléctricos los mantenedores hidráulicos no tendrían el control de este teniendo que siempre recurrir a personal eléctrico para la verificación de funcionamiento del sistema progresivo, llevándolo a la realidad de la planta de ripios en donde toda ella es muy dinámica contar con un eléctrico fijo para un solo equipo es difícil por lo tanto el sistema existente no es el más adecuado para el personal mecánico.

Con esta información se habló con personal de monitoreo y condiciones para recopilar información sobre fallas de rodamientos o descansos en ambas rotopalas, de esta recopilación se consiguió saber que existió una falla de rodamiento en la rueda de capachos de rotopala 02. Esta falla fue considerada de gran impacto, ya que el equipo se mantuvo detenido varios días impactando de forma directa la producción de cobre. La falla implica una gran cantidad de recursos operacionales, equipos, personas y repuestos; a pesar de que en las especificaciones técnicas del equipo que los rodamientos de mayor impacto son del tipo sellados, para evitar así el deterioro temprano del elemento y la detención repentina.

Teniendo en cuenta lo anterior y también sabiendo que el sistema de lubricación progresivo dejó de funcionar por motivos de mantención y no vigilancia del funcionamiento de este, se comienzan a buscar alternativas para ayudar al rodamiento sellado mantener una lubricación constante. En una segunda inspección se determinaron otros puntos que requerirían una lubricación constante para ayudar de manera permanente los elementos rodantes de ambas rotopalas. Los puntos que se evaluaron son los de difícil acceso para el personal, lugares en donde se acceden solo con el equipo detenido y bloqueado, donde se necesitaran equipos de apoyo para aplicar lubricación, poca visibilidad para las inspecciones diarias, etc. Spence se basa en la seguridad de sus trabajadores y tener lugares de inspección tan dificultoso aplicarían riesgos tales como, caída de persona desde altura, atrapamiento, caída de objetos, liberación descontrolada de energía, entre otros.

Los puntos que se consideraron como críticos en lubricación son:

- **Rodamiento rueda de capachos:** La rueda capacho es quien incide en la pila y llena de ripios los capachos, los cuales por efectos de la gravedad caen a la correa transportadora de la rotopala. Este es un rodamiento sellado, ya que tiene una alta exposición a la polución, agua y tierra.
- **Polea de cola:** También es polea motriz la cual lleva anclada un motor reductor en donde se hace el torque para que la correa comience su trabajo. Esta polea es quien recibe el impacto de la carga proveniente de los capachos, la cual puede oscilar entre las 3.000 ton/hr a 5000 ton/hr.
- **Polea de cabeza:** Esta es la polea conducida y por la cual se descarga la carga hacia la correa del puente. Esta polea también cumple la función de tensar la correa transportadora mediante método manual (bombas hidráulicas manuales).
- **Rodamiento de tornamesa:** La tornamesa es en otras palabras la cintura de la rotopala, en este sitio la rotopala realiza los pivotes (movimientos) preparando el equipo para atacar la pila. Este rodamiento tiene 42 puntos de lubricación los cuales se alimentan de un punto centralizado.

Como primera respuesta para las poleas mencionadas anteriormente, fue instalar lubricadores automáticos, estos son dispositivos que se componen de un recipiente de grasa de 250 ml y de un motor a base de pilas el cual se puede programar para que inyecte grasa de forma periódica. El reloj programador está en escala de días. Estos se instalan en las graseras de los descansos con un conector anti-vibraciones, ya que el recipiente de grasa si bien tiene un terminal con rosca, es plástico y estos puntos quedan expuestos a la intemperie, rocas, agua, tierra y se quebraría de forma inmediata.

1.6. PROBLEMÁTICA

Como se menciona anteriormente el sistema de lubricación de ambas rotopalas viene con el proyecto de armado de los equipos, la empresa FAM de origen alemán determino que una lubricación con un sistema progresivo mayormente funcionando eléctricamente daría solución a la problemática de lubricación del equipo. En Spence las rotopalas son de funcionamiento 24 horas por los 7 días de la semana, por lo que si no hay mantenciones

programadas o fallas donde se requiere la intervención inmediata el proceso de extracción de material desmineralizado no se detendrá por lo que el equipo se mantendrá expuesto a agentes corrosivos y desgastantes para los elementos y puntos críticos.

A la fecha el sistema existente en el equipo mencionado se encontraba sin funcionamiento por motivos de preocupación y mantenimiento de este ya que al inspeccionarlo se encontró el depósito con grasa, pero su estructura muy desgastada, con elementos descuidados y con desechos dentro del gabinete. Al realizar la inspección de los puntos de lubricación donde llegaba el sistema se da cuenta la falta de grasa en las líneas, la desconexión de estas o en casos la rotura de estas, dejando al libre albedrío la lubricación de los puntos críticos de las rotopalas. Esto quiere decir que los elementos rodantes tales como rodamientos y descansos se encontrarían faltos de lubricación según la inspección que se logró realizar al equipo.

Con la primera respuesta entregada por parte del personal mecánico (dispensadores automáticos) solo se mitigó por un tiempo corto ya que la presión que ejercían los dispensadores de lubricación automática no era suficiente para la inyección de grasa adentro de los descansos de las poleas ni rodamientos de rueda de capachos, considerando también la rotura de los mismo por vibraciones excesivas, golpes con material voluminoso, limpieza de personal de operaciones descuidada, fatiga de depósito, etc. Por lo tanto, poleas y rodamientos de rotopalas estarían funcionando 24 horas al día los 7 días de la semana solo con la lubricación que contienen las partes mencionadas y la lubricación que logro inyectar el sistema progresivo anteriormente.

CAPITULO 2: METODOLOGIAS

2. METODOLOGIAS

2.1.BOS

“Es una forma de trabajar que hace que mejorar sea parte de lo que hacemos cada día”.

BHP operational system, es el sistema con el que BHP Spence incentiva a sus trabajadores y colaboradores a encontrar las oportunidades de mejora continua a la planta. BOS se fundamenta en tres principios esenciales que nos permiten conectar con nuestro propósito esencial, cumplir con nuestro desempeño, descubrir nuevas formas de trabajar y facultar a nuestra gente.

Estos principios esenciales están interconectados. **Capacitar a la gente** es la base sobre la que se construye el sistema; buscar la **perfección operacional**, a través de la mejora continua de los procesos y el alineamiento de la empresa, es el motor de la mejora; **atender a nuestro cliente** se asegura que nos centremos en lo que realmente importa, creando valor para nuestros clientes.

En el caso de ripios el cliente es el área de operaciones ripios a los cuales se deben mantener satisfechos con la disponibilidad de equipos, esto quiere decir mantener en condiciones de operación de estos. Para lograr esta acción se deben realizar inspecciones diarias y constantes de los equipos para localizar oportunidades de mejora, se deben mantener limpios y ordenados para actuar de manera eficaz y eficiente en caso de una falla inesperada y realizar un diagnóstico certero de la misma, realizar mantenimientos programados y preventivos en donde se programan cambios de componentes, rellenos de recipientes, ajuste de elementos, etc.

Estos principios esenciales se ven reforzados por un conjunto de conceptos de apoyo y se ejecutan a través de 14 practicas interconectadas que deberían ser evidentes en nuestra forma de trabajar. Cada practica tiene un propósito y todas las practicas son igualmente importantes.

- a) **Practica 1** *Propósito significativo*: Ayuda a garantizar que todo el equipo este alineado hacia un objetivo común. Conecta al equipo compartiendo sus historias y mostrando lo que quieres ofrecer a sus clientes.

- b) **Practica 2** *Clientes y métricas*: Describe como identificar, revisar y recopilar los requerimientos del cliente y determinaremos que los equipos deben medir para determinar cómo satisfacer las necesidades del cliente.

- c) **Practica 3** *Aspiraciones y metas*: Describe como elaborar enunciados claros sobre como la organización va a avanzar hacia su propósito y definir las aspiraciones específicas para lograrlo a través de distintas dimensiones de desempeño, habilitadores y periodos de tiempo.

- d) **Practica 4** *Capacidad v/s demanda*: Describe el enfoque que necesitamos en la asignación de los recursos de una manera eficiente para que así los resultados de los procesos de creación de valor calcen con las demandas de los clientes.

- e) **Practica 5** *Procesos de estandarización*: Describe como incorporar la mejora continua en nuestros procesos. Empoderar al equipo que ejecuta la actividad/ proceso para ser parte de la definición del método permite la remoción continua de desperdicios a través de mejorar los métodos de manera progresiva.

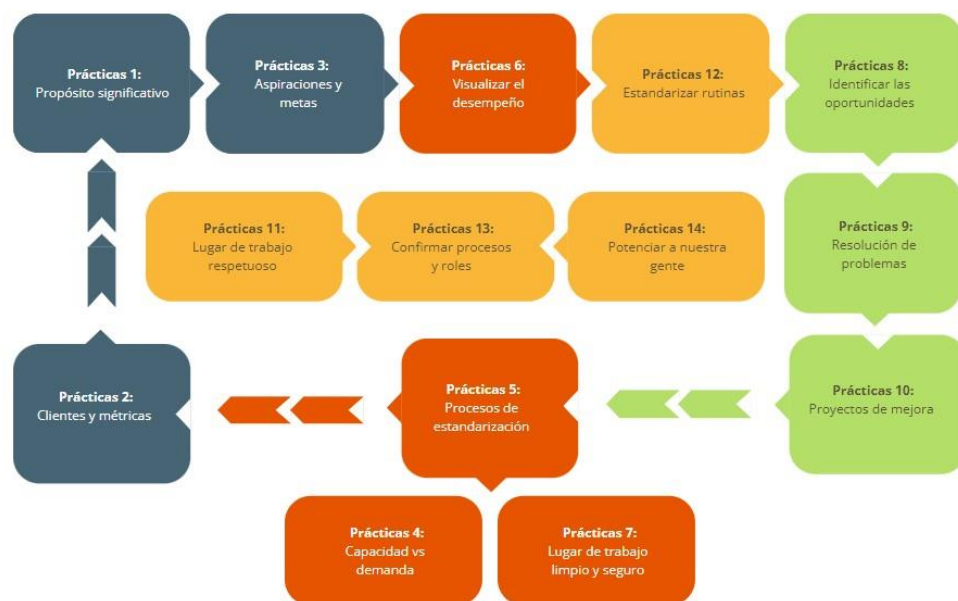
- f) **Practica 6** *Visualizar el desempeño*: Describe como mantener una disciplina operacional sosteniendo conversaciones formales, estructurales y habituales entre los lideres y sus equipos para hablar sobre el desempeño alrededor de una presentación visual de su desempeño real y objetivos según los Kpls.

- g) **Practica 7** *Lugar de trabajo limpio y seguro*: Define como mantener todos nuestros espacios de trabajo (fisico y digital) con la misma disciplina y responsabilidad en nuestros procesos. Logramos esto a través de métodos tales como 5S (clasificar, ordenar, limpiar, estandarizar, sostener) y la inspección del lugar de trabajo. Esto asegura que siempre trabajemos en un espacio de trabajo organizado, limpio (sin obstáculos) y seguro, y cumpliremos con las auditorias, requerimientos normativos o gobernabilidad para las inspecciones.

- h) **Práctica 8** *Identificar las oportunidades*: Describe como lograr activamente trabajar de manera más segura, eficiente y efectiva y entregar mejores resultados. Buscamos maneras de identificar los problemas/oportunidades y luego buscar formas de alcanzar y mejorar las mejores prácticas.
- i) **Práctica 9** *Resolución de problemas*: Describe el uso de la resolución estructurada de problemas (utilizada indistintamente con el RCA (análisis de las causas raíz)) para elaborar contramedidas que aborden la(s) causa(s) raíz (ces) de los problemas y oportunidades (que podría(n) estar relacionada(s) con la seguridad, la productividad, los procesos técnicos/funcionales, las practicas BOS o las mentalidades y comportamientos) y compartirlas tanto dentro de los equipos como entre ellos.
- j) **Práctica 10** *Proyectos de mejora*: Describe como planificar y ejecutar de manera efectiva las mejoras que requieren colaboración entre equipos mediante: Determinar las acciones, metas y marcos de tiempo que se requieren para lograr las metas del proyecto. Identificar a los stakeholders (partes interesadas) requeridos para la implementación y conseguir una contribución activa de parte de los lideres. Hacer un seguimiento del término en comparación al plan y metas, escalando de manera proactiva los obstáculos y adoptando acciones correctivas cuando sea necesario.
- k) **Práctica 11** *Lugar de trabajo respetuoso*: Establece la expectativa de que todos nosotros modelaremos los comportamientos necesarios para trabajar de forma segura, efectiva y eficiente hacia un propósito común y con los valores de nuestra carta tal como se refleja en nuestro propósito, estrategia y prioridades.
- l) **Práctica 12** *Estandarizar rutinas*: Demuestra como los lideres pueden lograr el equilibrio correcto de tiempo y esfuerzo en sus responsabilidades para empoderar a sus equipos e impulsar el desempeño.
- m) **Práctica 13** *Confirmar procesos y roles*: A través de una rutina definida, las hojas de confirmación estándar y un mecanismo de seguimiento de acciones nos asegura

que las confirmaciones de procesos y roles se ejecuten según el estándar acordado y que los líderes identifiquen las brechas de madurez BOS que se abordaran durante la retroalimentación y coaching.

- n) **Practica 14 Potenciar a nuestra gente:** Establece la expectativa de que todos los líderes planifiquen y asesoren los comportamientos, habilidades y capacidades necesarias para alcanzar el desempeño. El propósito es garantizar que nuestra gente tenga en claro cuáles son las expectativas de desempeño en el trabajo, como es su desempeño actual y que necesita desarrollar para mejorar y progresar en su carrera profesional.



Fuente: Sitio web BHP
Figura 2-1: Practicas BOS

En Spence se vive y practica BOS por intermedio de los diálogos de desempeño en los cuales se revisan aspectos de salud y seguridad, personas y cultura, productividad, voz del cliente, acciones escaladas, capacidad y demanda, diálogos MIP, entre otros. Estos diálogos se cumplen todos los días al inicio del turno donde no debe tener una duración mayor a 20 minutos siguiendo una agenda determinada para cumplir con la revisión de todos los puntos plasmados en el tablero, aportando información, retroalimentando cifras, graficando cantidades, revisando acciones por completar y aportando con ideas de mejora a problemas o fallas existentes en la planta de ripios a nivel mecánico. Con respecto al

sistema antiguo, BOS ayuda a mantener la información clara y precisa de los cumplimientos tanto a nivel de planta como personales, también se puede presentar inquietudes y solicitudes que requieran de apoyo gerencial.

Las practicas 8, 9 y 10 son las que ayudaran a los mantenedores a identificar, resolver y gestionar las mejoras en los equipos lo cual impactara de forma directa a la planta y al cliente que es el área de operaciones. El conducto regular para exponer o generar una tira de inquietud son:

- Identificar la oportunidad de mejora
- Resolver el problema a nivel de causa raíz y compartir contramedidas
- Gestionar proyectos de mejoramiento

La identificación será expuesta en el dialogo de desempeño como una brecha a eliminar del equipo involucrado en el cual se hará conexión con el tablero MIP dejando una tira de inquietud en el parking Lot o parqueadero de ideas la cual se revisará de forma más profunda al momento de realizar el dialogo del mismo lo cual se realiza dos veces a la semana durante la mañana y en presencia de un coach BOS.

2.2.MIP

Implementación de proyectos de mejora como su traducción lo dice es la herramienta que BOS ofrece a los trabajadores para proponer mejoras a la operación. Se desarrolla en forma de un dialogo o conversación entre el líder de equipo y los integrantes de este, en donde al igual que el dialogo de desempeño se debe seguir una agenda para así cumplir con tiempos establecidos y realizar un dialogo conciso y ordenado. Esta implementación responde a la practica 10 la cual habla precisamente de proyectos de mejora, para lograr que un proyecto sea exitoso existen una serie de herramientas dentro de la misma para darlo por finalizado. Como parte de la agenda de este dialogo se revisarán todas las propuestas las cuales se identificarán por colores para así diferenciar el ítem al cual va dirigido la inquietud y que de forma previa se clasificaron según impacto y demora en el parking Lot del dialogo. Las propuestas seleccionadas son las que sean de mayor impacto en la planta pero que sean de bajo tiempo de implementación (> a 6 meses).

Tabla 2-1: Colores de tiras de inquietud

Color	Área
ROJO	Productividad
AZUL	Seguridad
CELESTE	Costos
VERDE	Cultura

Fuente: Elaboración Propia.

Al ser seleccionadas toman un siguiente lugar en donde se dará a conocer la información correspondiente del hallazgo realizado, la medida de contención para una solución de corto plazo y también la idea de solución permanente la cual será el proyecto para desarrollarse. En el mismo se dejará el responsable del proyecto, en que área tendría el impacto y un tiempo de seguimiento de la solución que se deba comprobar el funcionamiento.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 2-2: Tablero MIP. Mecánicos ripios.

En el caso que el problema hallado sea de gran impacto para la operación de la planta y no se conozca la razón de este se deberá coordinar una RdP o resolución de problema la cual consiste en una investigación con respecto a herramientas de ingeniería tales como método de Ishikawa, los 5 porque, análisis de soluciones, seguimiento y control y el cierre en donde se informaran las necesidades adicionales para cumplir el proyecto. Esta investigación se realiza con personal especialista tales como representantes del área de ingeniería, supervisores del área tanto mecánicos como de operaciones, mantenedores mecánicos y eléctricos y si lo amerita también se necesitará la ayuda de personal de operaciones.

Desafío:						
Problema				Fecha de creación:		
GG Ho:		SI:				
1. DEFINICIÓN PROBLEMA	Definición Clara del Problema					
	Objetivo SMART					
Identificar potenciales causas raíces						
Integrantes CC:		Lider	Supervisor			
4. SEGUIMIENTO Y CONTROL	Plan de Implementación					
	ID	Actividad	Responsable	F. Inicio	F. Fin	Status
	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					
7						

Fuente: Sitio web BHP

Figura 2-3: Formato RdP (1)

2. ANÁLISIS DE CAUSAS	Causa			Efecto																										
	Mantenión	Maquinarias/Equipos	Materiales	Efecto																										
Análisis de potenciales causas raíces																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 20%;">1^{er} Por qué?</th> <th style="width: 20%;">2^{do} Por qué?</th> <th style="width: 20%;">3^{er} Por qué?</th> <th style="width: 20%;">4^{to} Por qué?</th> <th style="width: 20%;">5^{to} Por qué?</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>					1 ^{er} Por qué?	2 ^{do} Por qué?	3 ^{er} Por qué?	4 ^{to} Por qué?	5 ^{to} Por qué?																					
1 ^{er} Por qué?	2 ^{do} Por qué?	3 ^{er} Por qué?	4 ^{to} Por qué?	5 ^{to} Por qué?																										
3. ANÁLISIS SOLUCIÓN	Posibles Soluciones		Esfuerzo (1-3)	Impacto (1-3)	Resultado	Selección (- a +)																								
Revisado por:		Cargo:																												
Necesidades adicionales para cumplimiento para Plan de Implementación																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 5%;">ID</th> <th style="width: 30%;">Requerimiento de Actividad</th> <th style="width: 20%;">Responsable</th> <th style="width: 15%;">F. Inicio</th> <th style="width: 15%;">F. Fin</th> <th style="width: 15%;">Status</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>							ID	Requerimiento de Actividad	Responsable	F. Inicio	F. Fin	Status																		
ID	Requerimiento de Actividad	Responsable	F. Inicio	F. Fin	Status																									
Nombre de Entregables			Beneficios																											
5. CIERRE	Lecciones aprendidas y Recomendaciones																													
	ID																													
	1	LA: R:																												
	2	LA: R:																												
Evidencia Gráfica			Estandarización																											
Firma:		Firma líder CC:																												

Fuente: Sitio web BHP

Figura 2-4: Formato de RdP (2).

Al tener ya la respuesta al problema y los tiempos de revisión del proyecto se comenzará a llenar una tabla de acciones en donde se plasmarán las tareas de seguimiento de la solución permanente dándole un responsable de cumplir el requerimiento y también una fecha de término de este, con esto se podrá avanzar en el paso a paso del proyecto y llegar a resultados exitosos o un círculo de calidad.

Siguiendo con la agenda de un dialogo MIP posterior a exponer los proyectos de mejora lo cuales son como máximo 3 en el tablero con su respectiva foto de respaldo tanto del problema o de la solución y con la tabla de seguimiento actualizada previo al dialogo. Las exposiciones las deberá hacer el responsable del proyecto explicando brevemente el problema, como lo solucionará y el paso o requerimiento que necesita para seguir avanzando.

Al terminar con los proyectos a corto plazo (> 3 meses), se revisarán los círculos de calidad los cuales son con tiempos de implementación < a 3 meses, pero de gran impacto a la operación de la planta o al equipo en cuestión.

2.3. CIRCULO DE CALIDAD

Metodología Bottom-up que busca generar cultura de mejoramiento continuo en operadores y mantenedores a través de la implementación de soluciones propuestas por ellos mismos o desafíos entregados por los lideres.

Los trabajadores se reúnen para resolver problemas que permitan mejoraran sus procesos. Es un pequeño grupo de trabajadores que realizan tareas semejantes y se reúnen de forma voluntaria para identificar, analizar y solucionar problemas del propio trabajo.

Como objetivo es lograr mejoras sistemáticas como resultado de esfuerzos progresivos, generar una cultura donde mejorar sea aporte de los que hacemos día a día y empoderar a los trabajadores.

Para realizar un círculo de calidad se necesita conformar un equipo de 4 a 8 participantes, este equipo puede ser compuesto solo por personal de la compañía, solo de personal colaborador o bien puede ser un equipo mixto (Compañía y colaborador). Se deberá nombrar un líder quien será el encargado de motivar e informar el avance en la plataforma. Se debe identificar el problema y la solución a emplear como proyecto, se debe fijar un nombre que motive e identifique al equipo. Al igual que los proyectos de corto plazo los círculos de calidad también se deberán priorizar realizando una comparación de impacto v/s esfuerzo empleado en el mismo. Los círculos de calidad no siempre deben ser enfocados en productividad o seguridad también se pueden desenvolver como proyectos de cultura, inclusión, 5S, estandarización y también valor social.

BOS indica que todo proceso contiene desperdicios los cuales aportan de forma negativa a cualquier acción que se quiera ejecutar, desde cambiar un componente hasta realizar una gran mantención programada. Estos desperdicios llevan el nombre de WOODMITS por sus ciclas en inglés: Waiting, Over-processing, Over-Production, Defects/Rework, Motion, Inventory, Transportation, Skills.



Fuente: Sitio web BHP

Figura 2-5: Desperdicios sistema operativo BOS

Los desperdicios son importantes identificarlos al comenzar un círculo de calidad como forma de identificar lo que se quiere reparar o mitigar con el proyecto a realizar.

Tabla 2-2: Descripción de desperdicios BOS

ESPERAR	Tiempo desperdiciado esperando material, partes y/o información.
SOBREPROCESAMIENTO	Llevar a cabo pasos innecesarios para el proceso que no agregue valor.
SOBREPRODUCCION	Hacer más que lo necesario o hacerlo demasiado rápido.
DEFECTOS/REPROCESO	Los esfuerzos por causa del reproceso, chatarra o información incorrecta.
MOVIMIENTO	Movimiento de personas, partes, material y equipos que es necesario, pero no es eficiente.
INVENTARIO	Demasiadas existencias y/o trabajo en ejecución.
TRANSPORTE	Tiempo innecesario que se ocupa en entregar trabajo o equipos.
DESTREZAS	Subutilización de destrezas, talento y conocimiento de las personas.

Fuente: Sitio web BHP. BOS

En la matriz de priorización un círculo de calidad es una acción de alto impacto, pero con un tiempo prolongado para ser ejecutado y finalizado, por lo que la tira de inquietud será dispuesta en un lugar diferente a los proyectos de alto impacto y bajo tiempo de ejecución. Este lugar tiene el nombre de “círculos de calidad” y se expondrá directamente un One Page donde plasmará ítems tales como la problemática, solución, tiempo de empleo, impacto que genero el proyecto, costos empleados (si corresponde).

Círculo de Calidad: Nombre

AREA	INICIATIVA	Líder
<p>Problema / Oportunidad</p> <p>FOTO</p>	<p>Soluciones</p> <p>Tiempo de implementación</p> <p>Impacto</p> <p>Recursos requeridos</p> <p>Riesgos / Barreras</p>	
Equipo		

Fuente: Coach BOS

Figura 2-6: Formato de one page para crear círculo de calidad

Al igual que los proyectos a corto plazo los círculos de calidad tendrán una tabla de seguimiento en donde se encontrarán las tareas a realizar en forma de secuencia para un resultado exitoso, en donde se deberán actualizar de manera previa a la revisión en el dialogo MIP.

En ambos casos de proyectos a corto y largo plazo se visualizará como exitoso cuando se logre estandarizar la solución implementada, esto puede ser a través de un procedimiento de trabajo para el área, un paso a paso de como ejecutar la tarea o inspección del proyecto, Check list de revisión de la implementación desarrollada, un flujograma o un estándar de verificación del área (con un antes y como debe estar). El conducto regular habla de presentar un one page y estandarización al superintendente del área el cual deberá acercarse a comprobar la implementación del proyecto y confirmar la utilidad de la estandarización. Cualquiera de estas estandarizaciones que se ocupe se deberá dar a conocer tanto a personal del turno en cuestión como también a personal de contra turno a

través de las carpetas de trabajo estandarizado, las cuales tienen su lugar en el tablero en donde se deberá imprimir la estandarización y adjuntarla a las ya existentes.

Los círculos de calidad exitosos deben darse a conocer a nivel BHP ya que puede ser tomado como ejemplo para ser implementadas en otras faenas, esto se realiza en un sitio web llamado Yammer que funciona como una red social en donde se publica el one page con un mensaje de presentación. Con esta publicación se puede hacer la inscripción o patentado de la iniciativa en el sitio “yo contribuyo” en donde se cargará toda la información pertinente del proyecto y se cerrará como exitoso.

2.3.1. Resumen del proceso

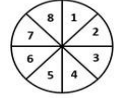



Fuente: Sitio web BHP.

Figura 2-7: Estándar de creación círculo de calidad

2.4. SOLUCIONES AL PROBLEMA

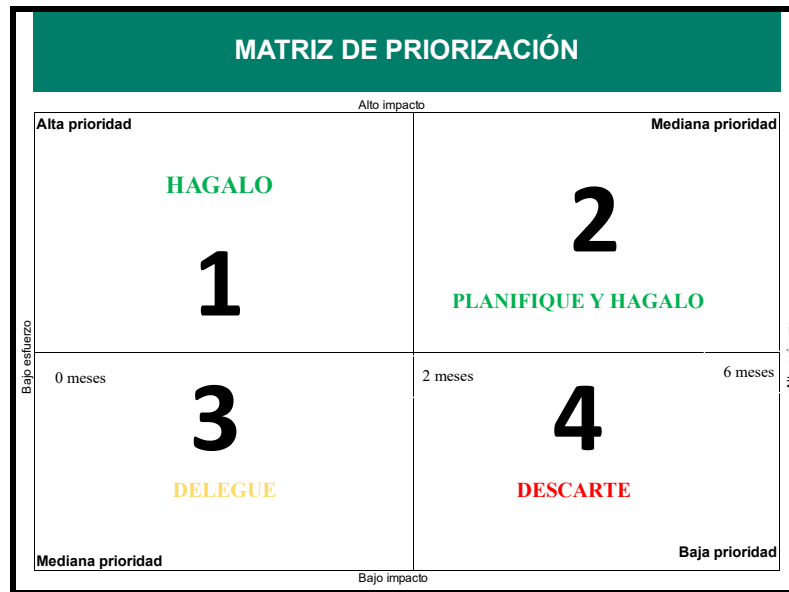
Como se explica anteriormente el problema que se abordara es la falta de lubricación en partes rotatorias o móviles de las rotopalas del área de rípios, como conducto regular se deja una tira de inquietud en el tablero MIP para así abordar el problema de forma seria y darle fuerza a implementar una solución permanente para así mantener el equipo disponible y al cliente satisfecho.

Fecha Junio 2022	Preocupación (Problema / Oportunidad) Rueda capacho rotopalas sin lubricación	Contramedida (arreglo permanente) – (Aplicar los 5 por qué) Implementar sistema de lubricación automático para ambas rotopalas				
Contención (arreglo provisional) Inyectar grasa de forma manual		Responsable	Estado	Verificar medida (donde visualizo el cambio)	Frecuencia	
		Fecha de revisión			Turnos Días Semanas	

Fuente: Coach BOS

Figura 2-8: Tira de inquietud dialogo MIP

Como se menciona anteriormente la tira de color rojo corresponde a productividad, por lo tanto, se enfoca la problemática a este ítem. Se conoce la problemática y también la solución a este por lo que no se debe solicitar un RdP para averiguar la o las soluciones posibles, lo que si se debe efectuar es la medición de la categoría del proyecto mediante una matriz de priorización en donde se asignara un numero para clasificar el proyecto.



Fuente: Tablero MIP

Figura 2-9: Matriz de priorización dialogo MIP

La solución propuesta fue clasificada con numero 2 por lo tanto se deberá planificar la solución y ejecutar al momento de tener los costos, insumos, elementos a utilizar, equipos, etc.

Mientras la planificación tomaba su curso se debía mantener el equipo en cuestión funcionando de forma normal y evitar una falla por lubricación en la rueda de capachos la cual era el elemento más crítico en ese momento.

Solución 1: Bomba Manual

En un día de mantención planificada, con ayuda de un alza hombre se instalaron puntos de lubricación a los puntos con difícil acceso y de funcionamiento continuo como las poleas de cola, polín polea y rodamiento de rueda capacho, estos puntos de lubricación se fabricaron con flexibles de baja presión con largos de acuerdo a las distancia de inyector el cual estaría a la altura de las barandas del pasillo de acceso peatonal para así lograr el ensamble al momento de inyectar grasa con ayuda una de una bomba manual de pedal con un flexible. Esta bomba se rellena de grasa Mobilith SHC 220.

Esta solución es la más rápida y en donde la inyección de grasa es tangible, en un turno de 7 días se designaban 2 días para realizar la lubricación de los puntos mencionados. El

método de empleo es rellenar la bomba manual, llevarla hasta el pasillo de acceso peatonal de la rotopala conectando punto por punto y pulsando alrededor de 2000 veces el pedal, esta acción requería de al menos 3 o 4 personas para ser completada ya que era de alta fatiga muscular.

Como se menciona anteriormente esta solución es la de mayor impacto tanto en la ejecución como en la salud y seguridad de los trabajadores, ya que hay exigencias físicas de cada trabajador pudiendo provocar lesiones musculares y/o lumbares, también se presenta exposición a sílice y ruido. En el lugar de ejecución del trabajo existen riesgos materiales tales como caída desde altura de aproximadamente 5 metros, caídas de objetos, liberación descontrolada de energía por mencionar los más importantes.

La implementación de este sistema fue costo cero ya que existían todos los componentes en planta sin tener que comprar a los proveedores ni ser rebajados de bodega. La duración de este sistema fue de corto plazo ya que existía mucha exposición de los trabajadores involucrados tanto en seguridad como en salud y en inspecciones más detalladas se visualizó que la presión de la bomba manual no era suficiente para alcanzar la longitud de los flexibles no ingresando grasa a los elementos rodantes.

Solución 2: Bomba neumática

En paralelo al primer método se buscaba una solución más cómoda en el cual se necesitarán menor implementación de HH y de menor exposición al ambiente abrasivo.

Se armo un conjunto compresor de 2 pistones de 80 lts, depósito de 60 Kg y bomba neumática marca Samoa de 3:1 (30 lt/min), para poder instalar de forma estacionaria en el lugar de ejecución de la lubricación que hasta el momento solo se trataba de polea de cola, polín polea y rodamiento de rueda capacho. Esta instalación consto de apoyo de un camión pluma y personal eléctrico para el accionamiento del compresor, también se repararon los puntos de lubricación dañados o desgastados por la operación. Al quedar este equipo de forma estacionaria en el lugar el tiempo de empleo del sistema fue de larga duración, pero siempre pensando en una solución permanente potencialmente automatizado.

El funcionamiento del conjunto es con ayuda de un compresor el cual acumula aire presurizado y en conjunto a la bomba neumática se inyecta grasa a los puntos críticos que

necesitan lubricación, conectando y desconectando el acople de uno en uno. Con respecto a la grasa que se ocupa es la misma mencionada en el método manual grasa multiuso Mobilith SHC 220, en este caso no se haría relleno del depósito, sino que se ocuparía un cuñete de 60 Kg de marca Belray sellado. La continuidad con la cual se podía dar lubricación era de 2 o 3 veces al turno en los cuales se inyectaba un aproximado de 1000 PSI por punto.

En el punto de seguridad y salud se minimiza de forma considerable la exposición de los trabajadores al ambiente abrasivo de sílice y también al ruido de la operación del equipo ya que solo se debe acercar 1 o 2 personas a realizar las inspecciones del conjunto, flexibles de los puntos de lubricación de la rotopala y también para realizar el accionamiento del compresor inyectando grasa punto por punto. Con respecto a los riesgos materiales, se mantienen el riesgo de caída de persona desde altura y liberación descontrolada de energía.

Solución 3: Sistema de lubricación automática

Esta es la solución que se deja como contramedida o solución permanente en la tira de inquietud, es una solución la cual se debía planificar ya que la unidad necesaria fue diseñada por parte de los mecánicos hidráulicos y los elementos que se necesitarían eran de compra directa a una empresa externa, en este caso se buscó a la empresa Ventec los cuales fueron los únicos que contaban con todos los elementos necesarios en un gabinete adecuado y con servicio de armado e instalación de toda la unidad en el lugar destinado. Este proyecto tomo un tiempo de 3 meses desde su planificación, compra e instalación de este; todo esto se trabajó en paralelo a las soluciones parciales que se daba a las rotopalas para evitar una falla por lubricación.

La unidad hidráulica conformada por un depósito de grasa de 60 kg de grasa Mobilith SHC 220 con una bomba eléctrica controlada a través de un programador automático como elementos principales para la inyección de grasa a los puntos críticos de la rotopala. En esta propuesta la implementación de HH se reduce a 2 personas para realizar la inspección de funcionamiento y estado de flexibles hidráulicos, se reduce el tiempo de exposición al ambiente abrasivo del área.

Tabla 2-3: Comparación de soluciones de lubricación a rotopalas.

Ítems	Solución 1	Solución 2	Gabinete de lubricación
HH	4 mecánicos	2 mecánicos	1 mecánico
Intervalos de engrase	2 veces al turno	3 veces al turno	6 ciclos al día
Tiempo de demora en lubricar	2 horas	1 hora	20 segundos por ciclo
Inversión	\$0	\$0	US\$32.188 (ambas rotopalas)

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO 3: EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA

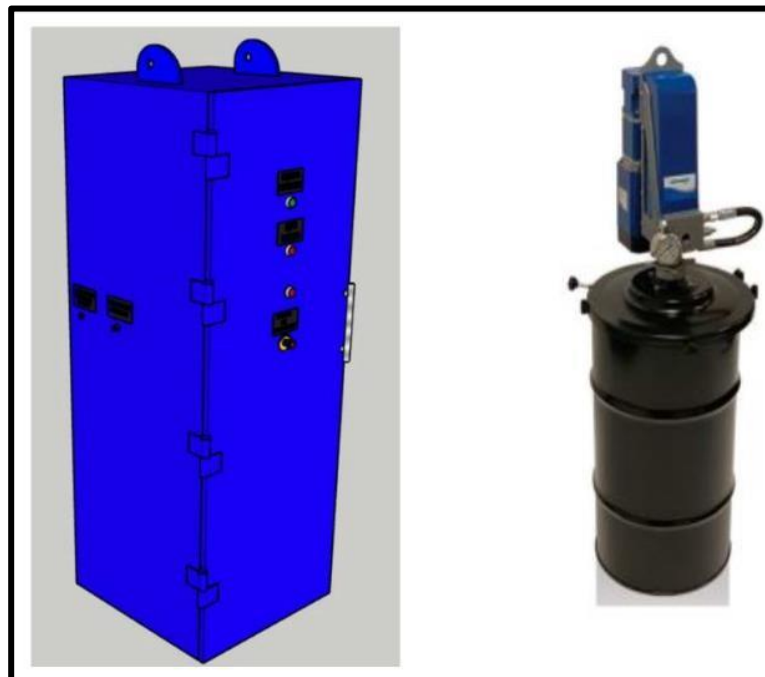
3. EVALUACIÓN ECONOMICA

3.1. IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

Como se mencionaba en el capítulo anterior la implementación del proyecto demoro un tiempo de 3 meses, se consiguió ayuda con el diseño del gabinete ya que en planta no se encontraban los componentes necesarios para lograr este tipo de solución. La empresa que se localizó para realizar implementar el proyecto es Ventec, con quienes se cotizo todo el sistema con el gabinete.

Al estar implementado se procedió a catalogarlo el cual quedo con un numero de parte MSGA 194685, el cual incluye:

- Bomba eléctrica de barril Bijur Delimon EBP22B4Z (incluye, manómetro de presión, adaptador 90°, bobina 220 VAC, válvula de alivio, flexible, adaptador para tambor).
- Tablero control incluido
- Estructura metálica.



Fuente: Vendor Belray

Figura 3-1: Gabinete de lubricación y deposito con bomba eléctrica

El cuñete lleva grasa Mobilith SHC 220 la cual es una grasa multipropósito NLGI 2 para presiones extremas recomendada para aplicaciones industriales. Utiliza un fluido base

sintético ISO VG 220. Los intervalos de temperatura recomendable son entre los -40°C a 150°C .

La inyección de grasa será de manera automática controlada que en este caso la variable que determinará la cantidad de lubricación que se les dará a los puntos será la presión de inyección que en este caso son 3200 PSI de presión en ambas rotopalas y se logra cumplir en un tiempo menor a 60 segundos. El intervalo de trabajo entre ciclos será de 240 minutos quiere decir que el sistema al cumplir los 3200 PSI corta la inyección de grasa (y por lo tanto el funcionamiento de la bomba) y comienza a contar 240 minutos para el próximo ciclo de lubricación. Por lo tanto, considerando una operación continua de 24 horas, los ciclos de lubricación son 6 ciclos al día en 13 puntos críticos.

En el controlador se puede ajustar los parámetros de tiempo de ejecución, espera y tolerancia de tiempo en caso de necesitarlo. También es quien alerta una posible falla con una alerta sonora la cual no dará código ni nombre del lugar de la condición. Recientemente se está gestionando una modificación con respecto a la alerta de bajo nivel, instalando un plato guiador en la tubería de succión de la bomba el cual ira siguiendo el nivel de la grasa y emitirá una alarma en la cabina del operador y así dar aviso y coordinar el relleno del depósito.

Para la instalación del gabinete se programó para una mantención planificada semanal que por lo general son los miércoles por 12 horas donde la planta se detiene totalmente. Contando con recursos de personal mecánico, eléctrico, soldador, operador de camión pluma y apoyo de camión pluma ya que es un gabinete que sería instalado en altura sobre la plataforma de rotopala. Se instalo en el mismo lugar donde se encontraba el sistema de lubricación progresivo, quedando afianzado mediante soldadura para evitar caída o inclinación de este. Lista la instalación del gabinete con el conjunto adentro se debió coordinar con personal eléctrico la alimentación del tablero para concluir su funcionamiento.

Para lograr la cotización, compra e instalación de todo este sistema se contó con ayuda de personal de ingeniería quien fue la persona que recibió fichas técnicas, materiales de construcción, tipo de componentes, poder presentar una gestión del cambio al equipo, etc. Para la cotización, compra y gestión de instalación se recibió apoyo de planificadora de sitio especialista la cual gestionaba visitas, compras y catalogación de componentes.

3.1.1. Funcionamiento de sistema de lubricación

El sistema de lubricación automático se conecta a la red eléctrica de 220V trifásico, el cual alimenta el sistema de lubricación y sistema de control de este. Este contiene un tablero eléctrico con disyuntores al interior del gabinete el cual solo deberá ser manipulado por personal eléctrico. Al poner en servicio la alimentación del tablero se accionará mediante un mensaje el controlador en el cual se presionará la letra “R” (reset) para darle funcionamiento a la bomba eléctrica y comience a levantar presión la cual se medirá mediante un manómetro análogo hasta alcanzar los 3200 PSI regulados en el preso switch.

Al darle funcionamiento a la bomba el controlador comenzara a contar segundos que se ajustaron previamente para darle el tiempo necesario a la bomba de cumplir la presión que se menciona anteriormente. En caso de tener un ajuste de tiempo bajo, el sistema de control no le dará el tiempo suficiente a la bomba para cumplir con la presión necesaria y en el caso de un ajuste de tiempo mayor la bomba seguirá funcionando (manteniendo siempre los 3200 PSI) hasta que el controlador deje de contar.

Esta bomba inyectara la grasa a través de flexibles fuera del gabinete los cuales se conectan a manifold de inyectores de tipo FL1, de desplazamiento positivo, este modelo satisface las necesidades de lubricación de máquinas de gran tamaño y que se encuentren operando en entornos hostiles. Estos inyectores permiten presiones de salida altas, del modelo FL1 la presión máxima de operación es de 3500 PSI, recomendados para usar con NLGI grado 2 grasa. La grasa se traslada hacia la cámara de llenado hasta que el pistón se cierre, al cerrarse el inyector la válvula de venteo se acciona en el sistema de lubricación y el resorte del inyector comienza a llenar los flexibles conectados hacia los puntos críticos. Existen 3 manifold de inyectores en ambas rotopalas los cuales lubrican rodamiento de tornamesa, polea de cabeza, polea de cola, rodamiento de rueda capacho y polín polea.

En la salida del inyector que comenzara a efectuar la inyección de grasa a través de su cámara se instalaran conectores 2 NPT / 4 MJ (macho-macho) ajustados suavemente con ayuda de teflón en el extremo NPT. En los puntos críticos desde las graseras existentes saldrán flexibles de baja presión de una malla de metal R-1 de largos adecuados para llegar a los puntos de conexión de los inyectores, en ambos extremos de los flexibles irán conectores 4 FJX lo cual quiere decir que son hembras Jic ajustable de medida 4 o ½”.

En sector de polea de cola, la cual recibe la carga que descarga los capachos son:

- Ambos descansos de polea de cola
- Ambos descansos de polín polea
- Ambos rodamientos rueda de capachos

En sector polea de cabeza, la cual descarga el material de la cinta de rotopala a cinta del puente son:

- Ambos descansos de polea de cabeza

En sector tornamesa, la cual se ocupa de los movimientos de orugas para el traslado son:

- Manifold progresivo de puntos de lubricación tornamesa
- Alimentación a manifold de inyectores de polea de cabeza
- Alimentación a manifold de inyectores de polea de cola.

3.1.2. Estandarización de proyecto

BOS como sistema operativo cuenta con un paso a paso de completar un círculo de calidad, convertirlo en exitoso y darlo a conocer a nivel BHP en todas sus faenas alrededor del mundo. Como se explica anteriormente en las tiras de inquietud se plasman soluciones de contención y una solución final, al desarrollar e implementar la solución final BOS solicita realizar una estandarización, esto quiere decir ocupar una de las herramientas que entrega el sistema operativo para lograr hacer que el proyecto no solo lo utilice un turno o una persona, sino que cualquier persona de BHP que lo requiera.

Estas herramientas de estandarización son:

- Paso a paso de funcionamiento del proyecto
- Check list de inspección de la solución
- Flujograma
- Lección de un punto (LUP)

El equipo de trabajo decidió usar los estándares de paso a paso y Check list ya que ambos se complementaban a la hora de inspeccionar y poner en marcha el sistema de lubricación. El paso a paso se enfocó en el cómo dar funcionamiento a la unidad de lubricación

detallando los pasos a seguir desde que se llegaba al lugar para así asegurarse que todas las personas involucradas en la lubricación de la rotopala tuvieran un resultado exitoso. (anexo). En cambio, el Check list se enfocó en la inspección estructural del sistema de lubricación, observando funcionamiento de unidad hidráulica y componentes, funcionamiento de inyectores, estado de flexibles hidráulicos, entre otros. (anexo).

Estos estándares se deben revisar y verificar por parte del superintendente del área con el cual se coordinó una visita a terreno para revisar in situ ambos estándares y poder corregir información faltante o errónea para el entendimiento general del personal influyente en el área. Ambos estándares deben cumplir un tiempo de empleo, el cual sirve para plasmar el ahorro de hora hombre empleado en la ejecución de la lubricación de las rotopalas.

De forma paralela en la página “Yo Contribuyo” se genera un círculo de calidad, en donde se plasman los desafíos o pasos a seguir para completar el proyecto los cuales deberá realizar el coach de BOS en conjunto con los integrantes del equipo. Al ser un círculo de calidad que se tomó posterior a la instalación física de la solución permanente los desafíos restantes se basan en puesta en marcha, dar a conocer la solución a nivel de gerencia y temas administrativos de BOS.

La generación “virtual” del círculo de calidad requiere de una acción previa que es publicar la propuesta de solución en Yammer, la cual se asemeja a una red social en donde es más fácil la comunicación entre todas las mineras y empresas de BHP alrededor del mundo, en esta página web se publica el One Page en donde explica el problema y como se quiere solucionar. Esta publicación generará un enlace el cual se deberá ingresar en la página “Yo Contribuyo”, la cual es requerida para seguir avanzando en la creación del círculo de calidad.

mantenimiento del sistema de lubricación, hablando en el de todos los elementos que requieran mantención y/o cambio como componente.

En este punto los ejecutores del proyecto no estuvieron de acuerdo a realizar un plan de mantenimiento ya que seguiría aplazando la publicación del círculo de calidad, los ejecutores en conjunto al líder mencionaron incluir la estandarización de Check list al programa semanal del área como “Inspección de lubricación rueda rotopala”, esto quiere decir que en la plataforma SAP FIORI, aparecerá una orden de trabajo (OT) semanal para realizar la inspección del funcionamiento y estado estructural del proyecto.

Se solicitó que la orden de trabajo correspondiente a la inspección se plasmara 2 veces al turno, uno como inspección de cambio de turno para corroborar el funcionamiento óptimo y la segunda posterior a la mantención programada de 12 horas la cual se efectúa por lo general los días miércoles, ya que en las mantenciones al bloquear el equipo se deja afuera la alimentación eléctrica por lo que al poner el equipo de rotopala en funcionamiento el sistema de lubricación no siempre tendrá un inicio óptimo de los ciclos de lubricación.

Los planificadores estuvieron de acuerdo con la idea de la orden de trabajo la cual se adjuntó a ambas rotopalas, este paso fue el último para cerrar como exitoso el círculo de calidad en la plataforma “Yo Contribuyo”. Como acción anexa a la administrativa, en el tablero MIP se cambió el One page desde el ítem “círculos de calidad” al ítem “Caso Exitoso”.

Order	Notification	Sort field	Description	Activity	Opr. short text	Main WorkCtr	Oper.WorkCenter	Earl.start date	Earl.start time	User status
526163594	435170259	41-RC-001	1W Mec Insp Op S.Lubr Centralizado RC01	0010	Inspeccionar S.Lubr Central Dia 1 RC01	MN41	MN41-M01	10-01-2023	09:00:00	IPL
526163594	435170259	41-RC-001	1W Mec Insp Op S.Lubr Centralizado RC01	0020	Inspeccionar S.Lubr Central Dia 2 RC01	MN41	MN41-M01	12-01-2023	09:00:00	IPL
526163595	435170261	41-RC-002	1W Mec Insp Op S.Lubr Centralizado RC02	0010	Inspeccionar S.Lubr Central Dia 1 RC02	MN41	MN41-M01	10-01-2023	09:00:00	IPL
526163595	435170261	41-RC-002	1W Mec Insp Op S.Lubr Centralizado RC02	0020	Inspeccionar S.Lubr Central Dia 2 RC02	MN41	MN41-M01	12-01-2023	09:00:00	IPL

Fuente: WordPad área de ripsos

Figura 3-3: Planificación de inspección sistema de lubricación.

3.2. EVALUACIÓN ECONÓMICA

3.2.1. Componentes sacrificados

Como se ha mencionado anteriormente ambas rotoplas no contaban con una lubricación de puntos móviles constante desde hace algún tiempo anterior a la implementación del proyecto del gabinete de lubricación. Por lo que se debió buscar soluciones reactivas a corto plazo para mantener los puntos móviles de ambos equipos lubricados.

Los equipos de rotoplas sin lubricación están expuestos a fallas de componentes tales como rodamientos y poleas. Las poleas son las que se cambian con mayor frecuencia respecto a los rodamientos ya que son componentes compuestos por lo que para la compañía es más rápido cambiar el componente completo y enviar a reparar el componente saliente.

El cambio de poleas son trabajos recurrentes para los mantenedores a cargo del área, el cual implica una preparación previa del componente en taller esto quiere decir, revisar ajuste y tipos de rodamientos, distancias entre ejes concordantes al punto de instalación, y finalmente un engrase preventivo a la pista del descanso y el rodamiento en sí. Estas tareas previas serán respaldadas con personal de monitoreo y condiciones (Moncon) los cuales se acercarán a comprobar medidas y ajustes realizados.

En el caso de los rodamientos de rueda de capacho son de difícil acceso y retiro de este para lograr el cambio, esta tarea se realizó poco tiempo en una mantención programada de 3 meses en la cual solo el retiro del rodamiento de rueda capacho demora 14 días equivalentes a 2 turnos, ya que el rodamiento se encontró agripado en donde los mantenedores hicieron todos los movimientos posibles por retirarlo, pero finalmente se debió contar el eje y con apoyo de una maestranza cortar los rodamientos. En lo anterior se contó con apoyo de camión pluma, alza hombre, pluma de alto tonelaje, repuestos, apoyo de maestranzas, hora hombre de mantenedores, etc.

Tabla 3-1: Resumen de costos repuestos críticos en rotopala.

Repuesto	Valor US\$
Eje de rueda de capacho	180.000
Rodamiento rueda de capacho	4.300
Polea motriz	70.000
Polea conducida	70.000
Rodamiento tornamesa	Sin cotización

Fuente: Elaboración propia

3.2.2. Planta área seca detenida

La falla descrita anteriormente fue a la que se apuntó directamente con la implementación del sistema de lubricación automático para evitar la cantidad de días de detención ya que como también se explica con anterioridad podría ser una posible detención a la línea generación de pilas para la lixiviación y extracción de cobre.

Para la cuantificación de horas detenidas se debe basar en el valor de hora detenida en el área seca, se toma el valor de un área distinta ya que al tener detenida la rotopala se

detiene a su vez la operación de generar espacio para el apilado de las pilas dinámicas. Por lo tanto, pensando que se detiene la rotopala y el espacio de apilado es insuficiente se detiene desde el apilador hasta la alimentación de los camiones de extracción al chancador primario, el costo de una hora de todo este proceso detenido es de US\$ 108.000 y si debe enfrentar una falla de rodamiento de rueda de capachos en la como mínimo son 15 días detenidos queda un déficit de US\$ 2.592.000 de producción por día.



Fuente: Dron Empresa Geotecnia.

Imagen 3-4: Distanciamiento de puentes y pilas.

En la imagen anterior se ve un ejemplo de la distancia entre puentes la cual en el presente se fija en un máximo de 60 metros, el cual si es menor se deberá detener la generación de pilas y por lo tanto la operación del área seca. En la práctica como área de ripios no siempre se opera utilizando ambas rotopalas, es decir, se va retirando material de una sola pila a la vez, esto se hace como un método de tener un equipo stand by en caso de que la rotopala en operación falle o se requiera una detención. En el caso del área de apilamiento quienes son los responsables de generar las pilas también tiene 2 puentes con los cuales pueden

tener una operación parecida a ripios con la diferencia que se requiere de un trámite mayor ya que ellos al cambiarse de equipo en caso de necesitarlo deben cambiar algunas condiciones en la línea para que el material siga la operación correspondiente.

3.2.3. Equipos de apoyo requeridos

Como se menciona en la falla de rodamientos de rueda de capachos se requiere de algunos equipos de apoyo fijos para la realización del cambio de los rodamientos. En el caso del retiro de la rueda primeramente se van a sacar los capachos de la rueda para así dejarla más liviana y con mayor superficie de agarre para la desinstalación de esta. Para sacar los capachos se ocupará un camión pluma el cual cumplirá la función de girar el disco a medida se van retirando los capachos con ayuda de una grúa de alto tonelaje, estos equipos deben estar en sus respectivas áreas, delimitadas con el perímetro de seguridad adecuado para evitar el contacto y posible impacto entre equipos móviles, el cual es un riesgo material en minera Spence.

Para el retiro de los capachos se necesitará apoyo de un mecánico soldador el cual con equipo de oxicorte se cortarán los capachos previamente afianzados con la grúa, el retiro de los capachos deberá ser de manera uniforme para evitar el efecto péndulo. El soldador accederá a la unión de los capachos a la rueda mediante un alza hombre.

Tabla 3-2: Resumen costos de equipos de apoyo.

Equipos de apoyo	Valor diario US\$
Grúa telescópica de 300 TON	3.317
Camión pluma	428
Alza hombre 20 mts	663

Fuente: Elaboración propia. Empresa colaboradora MB ingeniería.

Por lo tanto, con los valores estimativos de equipos de apoyo fijos para la falla a la cual se quiere apuntar, diariamente habría un gasto de US\$4.408 los cuales deberán considerar sus respectivos operadores y rigger en el caso de la grúa telescópica. Estos equipos deberán contar con personal oportuno para la operación en turnos de día y noche.

3.2.4. Hora hombre utilizada

En minería las horas hombre varían según una escala de valorización de cada trabajador, esta valorización se va incrementando a base de una evaluación semestral de los trabajadores en la cual se evalúa la madurez en 3 ítems los cuales son: seguridad, cumplimiento de kpi y trabajo en equipo. Cada ítem se desglosa en 5 preguntas las cuales el líder evalúa con una nota de 1 a 5, el promedio de estos 15 puntos se toma en cuenta al momento de existir chance de subir de escala por PDL. Existe otro método de subir de escala la cual es mediante tiempo de contrato en la compañía, cada 3 años de contrato se debería exigir el cambio de escala del trabajador.

Tabla 3-3: Sueldos base de personal de planta Spence.

Niveles	Escalas	Sueldo base US\$
1	1.1	1.586
	1.2	1.675
	1.3	1.769
2	2.0	1.879
	2.1	1.983
	2.2	2.126
	2.3	2.242
3	3.0	2.363
	3.1	2.492
	3.2	2.626
	3.3	2.768
4	4.0	2.917
	4.1	3.075
	4.2	3.240

Fuente: Sindicato de trabajadores Minera Spence

Como se ve en la imagen la variación de escalas en pesos no es de gran impacto por lo que se puede realizar un promedio para realizar una valorización de hora hombre. En el caso de la falla descrita anteriormente se necesitarán 4 mecánicos y 2 soldadores para realizar el cambio de rodamientos de rueda capacho, se tomará como promedio un trabajador de escala 2.3

Lo anterior quiere decir que una hora hombre equivale a US\$3 por un mantenedor y en la solución a la falla se deben considerar 6 lo que equivale a US\$18.

Con respecto a los operadores de camión pluma, grúa telescópica, alza hombre y un rigger los cuales se mencionan en el punto anterior se resume en

Tabla 3-4: Resumen de valores de operadores equipos de apoyo

Operador	Valor mensual US\$	Valor por hora US\$
Grúa telescópica	1.071	1,5
Camión Pluma	856	1,1
Alza Hombre	749	1,0
Rigger	856	1,2

Fuente: Elaboración propia, valores consultados Alo rental.

Por lo tanto, con respecto a los operadores promedian un valor de hora hombre de US\$4.9 entre los cuatro operadores que se deberán involucrar en la falla mencionada.

Todo lo anterior son ítems que considerar para cuantificar o valorizar la instalación del sistema de lubricación para así evitar la falla más importante del equipo basándose en la última experiencia vivida en el área de mantenimiento ripios, en donde fue requerido por personal de MONCON cambiar rodamientos de rueda de capacho por falta de lubricación. El cambio de esos rodamientos se efectuó en una detención de planta de tiempo prolongado por lo tanto solo sirvió para tomarle peso a la falla latente en el equipo.

Los preparativos para extraer los rodamientos tomaron aproximadamente 2 días, en donde se tuvo que posicionar y bloquear equipo, retirar capachos, clima adverso (viento), hasta el punto de llegar a la extracción de rodamientos los cuales se encontraron agripados sin signos de querer salir fácilmente. Se pidió apoyo a profesional de empresa diseñadora del equipo (FAM), sin tener éxito con la tarea. Al cabo de 10 días de todos los intentos existentes se propuso cortar eje para trasladarlo por parte a una maestranza y lograr retirar los rodamientos.

Como resumen la mantención preventiva de la rueda de capacho tomo 15 días aproximadamente, a continuación, se presenta una tabla resumen de pérdidas y gastos de la falla.

Tabla 3-5: Resumen de gastos en detención de rotopala

Ítems	Valor Diario (US\$)
Detención de producción	2.592.000
Eje rueda de capacho	180.000
Rodamiento rueda de capacho	4.300
Grúa telescópica	3.559
Camión Pluma	459
Alza hombre	712
Operador de grúa	1.148
Operador camión pluma	918
Operador alza hombre	804
Rigger	918
Hora hombre	481
Total	2.785.299

Fuente: Ejecución propia.

Los valores plasmados en la tabla son valores diarios y en dólares por lo tanto basándose en la última mantención en donde llevo 15 días el cambio de rodamientos nos da un total de

$$\text{Gasto Mantención} = 2.785.299 \times 15$$

$$\text{Gasto mantención} = \text{US\$ } 41.779.485$$

3.2.5. Costos de instalación sistema de lubricación

Como se menciona anteriormente el sistema de lubricación tomo un tiempo de 3 meses en estar ensamblado e instalado en los equipos, en donde se trabajaba con lubricaciones alternas para mitigar la falta de esta en los equipos rotopalas. El tiempo fue marcado por los tramites de compra y catalogación de las partes para tener el respaldo en caso de comprar repuestos o bien se quisiera implementar en otra área de Minera Spence.

El costo de ambos gabinetes en RC-01 y RC-02 es de US\$ 32.188; para la instalación de ambos gabinetes se ocupó camión pluma con operador, 1 soldador, 2 mantenedores mecánicos, 2 mantenedores eléctricos, insumos de soldadura.

Tabla 3-6: Resumen gastos en instalación de gabinetes de lubricación

Ítems	Valores US\$	Característica (se mencionan ambas rotopalas)
Gabinetes	32.188	2 gabinetes completos
Camión pluma	428	
Operador camión pluma	856	
Soldador	88	Escala 3.2 (x1)
Mantenedores mecánicos	142	Escala 2.2 (x2)
Mantenedores eléctricos	149	Escala 2.3 (x2)
Flexibles hidráulicos	321	10 mts aprox
Inyectores	642	24 unidades
Abrazaderas		20 unidades
Conectores	321	40 unidades
Total	35.136	

Fuente: Elaboración propia

No fue necesario preparar estructuras o plataformas ya que se instalaría en la plataforma ya existente de los equipos, la ubicación del gabinete quedara a un costado de los sistemas motrices de las rotopalas se decidió este lugar ya que es donde estaba el sistema antiguo y también quedaba con fácil acceso a los 3 puntos en donde se instalarían los manifold de inyectores. En la tabla anterior se consideran los recursos y elementos para ambas rotopalas para así generar el coste total de la instalación de los gabinetes para la empresa.



Fuente: Personal colaborador MB

Imagen 3-5: Retiro de sistema de lubricación obsoleto rotopala 2.

Si comparamos la inversión de ambos gabinetes con el gasto que se está evitando como compañía, se transforma en un gasto insignificante para una minería en donde se tiene muchos activos que perder.

3.2.6. Comparación de HH entre los métodos de lubricación

En el capítulo 2 se mencionan 2 métodos previos al sistema de lubricación como soluciones a corto plazo o de “emergencia” los cuales cumplían la función de lubricar lo que se necesitaba en los equipos de rotopalas. El sistema operativo requiere de medidas

de contención del problema para así tener el tiempo suficiente de programar, gestionar y ejecutar una solución permanente. Como se sabe un círculo de calidad tiene un tiempo de realización de aproximadamente 3 meses para BOS los cuales el proyecto final debe estar instalado y probado para poder estandarizarlo.

El primero fue la solución manual en el cual se engrasaban los puntos con ayuda de una bomba de pedal con grasa Mobilith SHC 220 y solo se lubricaban los puntos críticos de rueda de capacho, con esta solución se necesitarían 4 mecánicos ya que en cada punto se inyectarían aproximadamente 2000 pulsos, lo que tomaba aproximadamente 4 horas de exposición a sílice y ruido de ambos equipos. En esta solución no se invertirían en equipos, sino que solo en HH, grasa, conectores y flexibles hidráulicos. La lubricación se repetirá 2 veces al turno por equipo. Esta primera solución tendría una inversión.

La segunda medida de contención la cual se pensó para no invertir tanta HH en la lubricación de los puntos los cuales en ese momento solo eran los componentes de mayor sacrificio como lo es la rueda de capacho. Se busco en planta un compresor de aire de 2 pistones de 80 lt, el cual en una mantención semanal planificada se posiciono en la plataforma de acceso hacia el sistema motriz de la rueda, en conjunto a un cuñete de 60 kg y una bomba neumática Samoa de 30 lt/min (3:1) para realizar la inyección de grasa a los puntos. El modo de inyección era acercarse 2 mecánicos con una llave punta corona de 10 mm a conectar el flexible del compresor hacia cada uno de los flexibles que venían desde los puntos críticos de la rueda de capachos. Con este método se inyectaba una presión 1000 PSI y el intervalo de tiempo que se ocupaba en realizar la lubricación era de aproximadamente 1 hora entre ambas rotopalas. Con esta implantación la lubricación a los puntos se modificó de 2 a 3 veces por semana.



Fuente: Captura propia

Imagen 3-6: Solución de lubricación #2.

Como se menciona anteriormente ambos métodos se comportaban como contención a la problemática expuesta ya que eran de tipo “manual”, en que se dependía de dos a cuatro mecánicos para lograr la lubricación de los componentes. También se necesitaba una forma de difusión para lograr el mismo comportamiento con la lubricación en el contra turno, como canal más accesible se ocupó el informe de cambio de turno en donde se dejan los trabajos ejecutados durante el turno y las oportunidades que se debían tomar. Esta difusión no dio resultados ya que no especificaba cantidad ni intervalos de lubricación al rodamiento, además de no encontrarse presente en la hoja de trabajos planificados.

Hay que mencionar de igual forma que el área de trabajo con las medidas de contención se observaba desordenada y fuera de estándar para la compañía ya que escaseaba el espacio de movilidad y se transformaba en inseguro al presenciarse tanto componente y equipos en una plataforma de inspección.

3.3. BENEFICIOS OBTENIDOS.

3.3.1. Beneficios en seguridad

Para BHP Spence, la seguridad es la base de todo proceso que se pueda desarrollar en sus dependencias, por lo que se prioriza ante la producción. En el área de rípios no es la excepción ya que los círculos de calidad expuestos en el tablero MIP tienen como prioridad trabajar o mejorar la seguridad del área para minimizar los incidentes y accidentes a sus trabajadores. Spence como compañía organiza ferias de círculos de calidad en las cuales se exponen los proyectos exitosos de cada área, es decir, los proyectos logrados y que se encuentren funcionando en la planta con los cuales se pueda incrementar la seguridad y así la producción.

Un riesgo material se define como el acto dañino que puede provocar uno o más fatalidades, BHP cuenta con una serie de herramientas destinadas a minimizar estos riesgos, tales como, reglas cardinales, código de conducta, documentación de terreno. Es esta última herramienta la cual funciona como evaluación de cada actividad a realizar, en donde se evaluarán los riesgos materiales y no materiales asociados a la misma.

Esta documentación es una de las últimas barreras de contención para evitar o eliminar una fatalidad, siendo la última de ellas los trabajadores. El primer documento que se debe considerar en todas las actividades por mínima que sea se llama Evaluación de riesgo de la tarea (ERT) la cual considera riesgos materiales y no materiales (acto que puede provocar lesiones) en los trabajos.

Para los riesgos materiales, se consideran instructivos de seguridad (IS), los cuales contienen actividades a realizar previas a la tarea en cuestión. En la problemática de lubricación de partes rotatorias de rotopalas son:

Atrapamiento/aplastamiento Liberación

descontrolada de energía

Caída de objetos.

Los instructivos de seguridad plasman una cantidad de ítems y preguntas que se deben contestar con SÍ, NO o NO APLICA, respecto a la tarea que se realizará. Cuando surge

una respuesta NO a cualquier pregunta o ítems la tarea NO se puede ejecutar y se deben buscar los caminos para lograr crear un lugar o actividad segura.

Así como riesgos materiales también existen riesgos NO materiales, los cuales no ocasionaran fatalidades, pero si lesiones en los trabajadores involucrados en las actividades. Los riesgos no materiales que la actividad de lubricación de rotopalas presentan previas a la automatización son:

Caída al mismo nivel

Aprisionamiento de manos y pies

Sobresfuerzo físico-postural

Exposición a ruidos/vibraciones

Exposición a golpe contra alguna estructura o instalación

Caídas a borde abierto

Ráfagas de viento.

Para estos riesgos sin fatalidades existen medidas de contención inmediata tales como: uso de EPP correspondientes al área, uso de mecanismos de apoyo, mantener áreas de trabajo limpias y despejadas, entre otras.

Todos estos riesgos materiales y NO materiales son los que se encuentran presentes en el área de ambas rotopalas para la tarea de “Lubricación de rueda de capachos”.

En el caso de los agentes nocivos que se encuentran en el ambiente anexo a las rotopalas tales como: pilas de óxido y sulfuros, en donde se acumula el material con mezclas de sal y ácido sulfúrico, los cuales emanan su contaminación en forma de gas. Para mantener estos agentes controlados se debe acceder al área con un medidor de gases de HCL (dragger) para mantener la medición de partículas en el ambiente controlada. También el uso permanente de respirador de doble vía con filtros mixtos, ya que no solo será polvo o sílice la presente en el entorno.

Cuando la lubricación de los componentes rotatorios de los equipos rotopalas era deficiente, se debía hacer uso de las medidas de contención análogas o básicas para realizar

la mantención de estos puntos. Los trabajadores involucrados se debían exponer como mínimo 2 horas en el ambiente corrosivo y a los riesgos con y sin fatalidades mencionados anteriormente involucrados en la actividad.

Al implementar un sistema de lubricación automático, disminuye la interacción a los riesgos materiales y no materiales, así como también a los agentes nocivos presentes en el área. Esto se plasma a través de la comparación de las soluciones implementadas en la lubricación de rotopalas, en donde comienza a disminuir tanto la cantidad de mantenedores necesarios para la actividad como el tiempo presente en el área de las pilas de óxido y sulfuros.

Con respecto a los riesgos materiales con el sistema de lubricación automática se eliminan 2 de los 3 riesgos, solo quedando presente el riesgo de Liberación descontrolada de energía. Se elimina Atrapamiento/aplastamiento ya que no será necesario intervenir la lubricación con herramientas manuales eliminando así la exposición de las extremidades superiores e inferiores en el equipo. También se elimina caída de objetos ya que la ubicación del cubículo de lubricación de las rotopalas se encuentra fuera del alcance de los capachos en donde se transporta el material.

Los riesgos no materiales se eliminan 5 de 7 riesgos quedando presente caída al mismo nivel y exposición a ruidos/vibraciones. Caída del mismo nivel existirá ya que el cubículo se encuentra en una plataforma en donde se debe acceder a través de una escalera y la exposición a ruidos/vibraciones sigue presente ya que el equipo presenta estas condiciones en situación de operación.

3.3.2. Beneficios en producción.

Según un artículo del diario financiero, BHP logra incrementar en un 9% la producción de cobre, alcanzando 1.717 millones de toneladas en el año fiscal 2023. Para lograr las metas de producción propuestas o estimadas por los expertos, se deben considerar elementos tales como: Continuidad operacional, disponibilidad de equipos, cumplimiento de plan de mantención e inspecciones.

Todos los elementos mencionados anteriormente, se respaldan directamente en el personal de mantenimiento mecánico y eléctrico, los cuales son responsables de detectar oportunamente desviaciones en el funcionamiento de los equipos de la planta. Para el sistema operativo BOS, toda área debe tener un cliente a quien satisfacer para establecer

brechas, metas y oportunidades de mejora; en el caso del personal de mantención el cliente es el área de operaciones ripios, a los cuales se le debe mantener los equipos en funcionamiento óptimo para así reclamar o producir lo solicitado en los planes de reclamo.

Spence cuenta con una herramienta llamada TUM para cada área, en la cual se resumen detenciones de la planta, equipo detenido, tiempo detenido, razón de detención y característica de esta. El equipo BOS utiliza esta herramienta para valorizar los círculos de calidad con los que se trabajan en cada área. Este no fija una valorización monetaria sino más bien de tonelaje reclamado, información con la que se puede determinar un valor financiero, calculando según corresponda con el valor de hora detenida.

En el caso del material retirado o reclamado, el área de ripios opera con un promedio de 5000 ton/hora, la cual se debería reclamar realizando una mezcla de sulfuros y óxidos. En la práctica no siempre se realiza esta mezcla ya que se abordan las desviaciones de la planta en terreno, realizando retiro solo de sulfuros u óxidos.

En el caso de tener una falla por lubricación de rodamientos, lo cual se estimó con un plazo mínimo de 7 días (basándose en eventos anteriores) de detención por esta condición se calcula una pérdida de reclamo de

$$X = 5000 \left(\frac{\text{ton}}{\text{hora}} \right) \times 24 \text{ (horas)}$$

$$X = 120.000 \text{ ton}$$

Con un reclamo promedio de 5000 toneladas por hora, las 24 horas del día ya que estos equipos son de operación constante será de 120.000 toneladas de promedio al día, si los calculamos los 7 días que estará detenido el equipo o 168 horas.

$$X = 120.000 \text{ (ton)} \times 168 \text{ (horas)}$$

$$X = 20.160.000 \left(\frac{\text{ton}}{\text{hora}} \right)$$

Por lo tanto, el beneficio que se obtendría con la implementación de un gabinete de lubricación automático, el cual evitaría el cambio de rodamientos por agripamiento o rotura de estos por la falta de lubricación; deteniendo el equipo por 7 días e involucrando equipos de apoyo y hora hombre extra para el cambio de los componentes deteriorados. Se evitaría la pérdida de 20.160.000 toneladas de material desmineralizado por las 168 horas que se encontraría detenida la rotopala, lo cual afectaría directamente al espacio de apilamiento o generación de pilas ya sea en óxidos o sulfuros, obligando a cambiar los planes de producción tanto para ripios como para el área seca. Esto ocurre por lo que se explica en el primer capítulo, mantener una distancia mínima de 60 metros entre equipo de rotopala y equipo apilador. Si no se cumple esta distancia el área seca debe comenzar a realizar cambio de campaña lo que significa, cambiar desde el área de mina la alimentación del chancador primario dependiendo el material detenido (óxido o sulfuro).

3.3.3. Beneficios económicos

Según Codelco, el precio del cobre depende de las condiciones del mercado internacional, y tiende a subir cuando la demanda es más fuerte. La minería se ha mantenido como uno de los principales pilares económicos del país, con una participación del 12,5% en el PIB nacional durante el 2020 (según Sernageomin).

Chile se posiciona como número uno en el ranking de producción de cobre a nivel mundial. De acuerdo con el consejo Minero, a través de su informe “cifras actualizadas de la minería”, a octubre del 2021 nuestro país produce cerca de un tercio del cobre a nivel mundial global (28%) y posee un 23% de las reservas mundiales.

Spence quién es 100% propiedad de BHP, alcanzó un total de 186.000 toneladas desde enero a septiembre del 2023, una cifra levemente superior en un 5% comparada en el mismo periodo del año 2022. Los ingresos ordinarios asociados a ventas sumaron US\$1.686 millones, lo que representa un incremento del 17% en comparación al periodo 2022 (minería chilena).

Como se explica anteriormente, el área de ripios no involucra directamente una pérdida de activos ya que solo se genera espacio para las pilas dinámicas de las cuales se drenará el electrolito. Para calcular la pérdida económica en el área, se debe considerar la pérdida de tiempo de NO apilado en el área seca, área la cual genera ganancias para la compañía.

En el primer capítulo se estipula una pérdida económica de US\$2.592.000 por la detención diaria para lograr realizar el trabajo que se describe como problemática. Para calcular la pérdida diaria de activos para la compañía, se debe considerar también repuestos, equipos de apoyo y hora hombre involucrada en la actividad de mantenimiento del equipo.

En este capítulo se desglosa claramente el total de los costos involucrados en el cambio de este caso, rodamiento de eje rueda de capachos; el costo diario en dólares de solucionar la problemática es de US\$2.925.299 aproximadamente, total el cual involucra las consideraciones antes mencionadas.

La implementación de la solución definitiva a la problemática, la cual consta en diseñar, fabricar y catalogar un gabinete de lubricación automática controlado por PLC, la instalación de este en ambas rotopalas del área de ripios, programando la instalación a estos equipos cuando se mantuvieran detenidas por más de dos días, ya que esta actividad contaría con adaptación de plataformas, soldaduras, conexión de alimentación eléctrica para el gabinete, conexiones hidráulicas, fabricación de nuevos puntos lubricación a los demás componentes (poleas de cola y cabeza, rodamiento de tornamesa).

Para esta implementación se debe considerar mano de obra, equipos de apoyo tales como camión pluma y alza hombre, material anexo necesario para los nuevos puntos, etc. El material anexo mencionado se refiere a mangueras hidráulicas de bajo flujo R1, inyectores de grasa FL1-2, conectores hidráulicos 4FJX – 4MJ y abrazaderas correspondientes para líneas hidráulicas; en dicha tabla se especifica cantidad utilizada en cada rotopala para así lograr la conexión de todos los puntos de lubricación.

Cabe mencionar que cuando se habla de gabinete completo esto contempla los siguientes componentes:

- Bomba eléctrica de barril Bijur Delimon, incluyendo manómetro de presión, adaptador 90°, bobina 220 VAC, válvula de alivio, flexible, adaptador para tambor.
- Tablero de control.
- Estructura metálica.

El proyecto en total tuvo una inversión de \$32.820.932 o US\$36.615, esto quiere decir que con respecto a la pérdida de activos por la detención no programada por falta de

lubricación de US\$2.785.299, el proyecto finalizado e instalado en ambas rotopaldas alcanzaría el 1,3% del total de inversión a un cambio de rodamiento de rueda de capachos.

$$\% \text{ de inversión} = \frac{36.615 * 100}{2.785.299}$$

$$\% \text{ de inversión} = 1.31\%$$

3.3.4. Factor de riesgo

Es sabido que la minería cuenta con los ambientes más abrasivos en cuanto a salud y también en relación con la operación de equipos con respecto a lugares geográficamente normales. Se considera alturas geográficas, en el caso del norte del país calor extremo, geografía inadecuada, suelos impermeables y/o contaminados, tormentas de arena, entre otros.

En cuanto a la lubricación los factores antes mencionados no son compatibles ya que una lubricación eficiente debe estar limpia de agentes contaminantes para así no dañar los componentes que se quiere lubricar.

Por lo anterior se debe mencionar como factor de riesgo el entorno y agentes contaminantes presentes en el equipo de rotopaldas. Las rotopaldas retiran material no siempre seco, quedando un porcentaje de humedad al interior de la pila lo cual se traduce en un material voluminoso y pegajoso de gran peso. Este material se comienza a pegar y acumular en la estructura del equipo la cual en su mayoría se seca y compacta, pero también existe la posibilidad que este material voluminoso caiga y logre quebrar los puntos de lubricación de las rotopaldas quedando así los elementos rodantes igualmente sin la inyección de grasa correspondiente provocando una disminución de la vida útil del rodamiento, quedando expuesto a la misma problemática inicial descrita.

Esto se traduce en la no efectividad del sistema de lubricación ya que no estaría cumpliendo la función de lubricar las partes móviles del equipo por lo que la inversión del gabinete no estaría justificada.

En el caso de los agentes contaminantes tales como la polución, la cual estará siempre presente en el equipo tanto por la acción de remover material como por el ambiente nativo de la ubicación geográfica. Este buscara la forma de ingresar a los puntos de conexión, elementos eléctricos, bomba de grasa, entre otros. En el caso que el gabinete no se encuentre con su puerta cerrada como corresponde, la polución puede afectar a los artefactos eléctricos que son parte del gabinete tales como bobinas eléctricas, switch de presión y PLC. La afectación a estos componentes se traduce en elevar la suma de inversión para el funcionamiento óptimo del sistema de lubricación, el componente más importante que se evita cambiar es la bomba de grasa eléctrica ya que el proveedor debe importarlas desde Alemania lo cual lleva tiempo para tenerlas presentes en el país y en la compañía.

3.3.5. Cuadro resumen

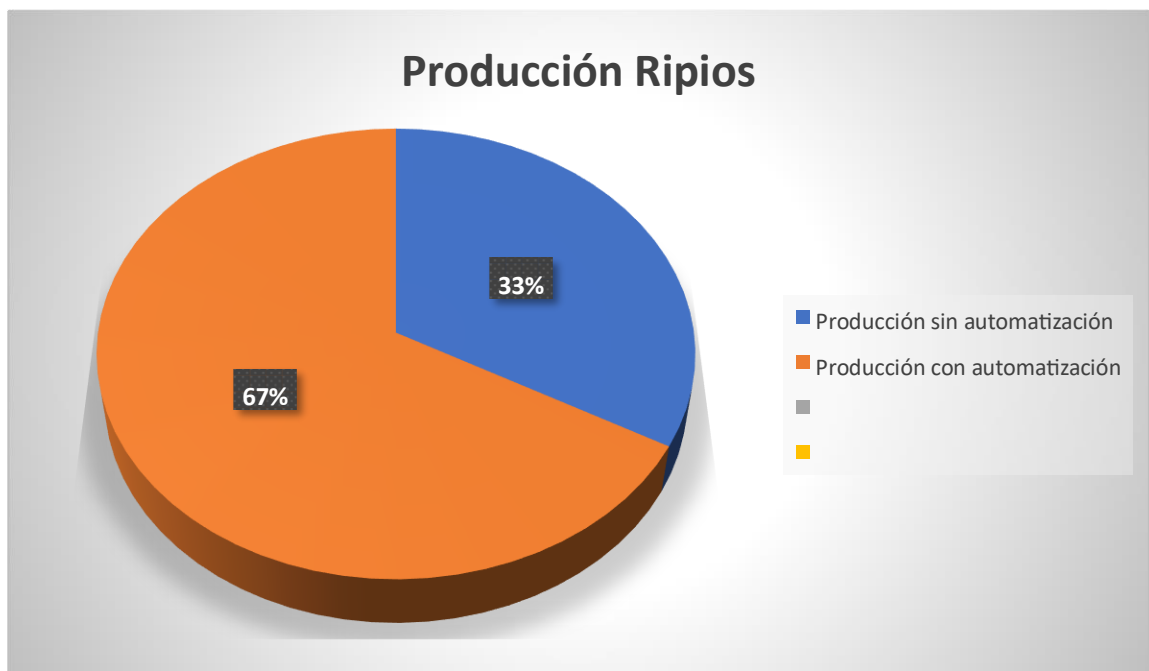
Se realiza un cuadro resumen en el cual se considerará el último cambio de rodamiento de eje rueda de capachos el cual se realizó en el año 2022.

Tabla 3-7: Comparativa de gastos con respecto a proyecto.

Ítems	Sin lubricación automática	Con lubricación automática	Beneficios
Días de equipo detenido	15 días detenidos	0 días detenidos	Se evita la detención de rotopalas
Toneladas sin producir (por día)	5000 ton aprox (promedio)	-	No existiría detención de equipo
Valor de días detenido	US\$2.592.000	US\$ 0	Se considera 15 días de falla lo que equivale US\$38.880.000

Intervalos de lubricación	2 veces al turno desde 2022	6 ciclos al día desde 2022	Se incrementan los ciclos de lubricación del rodamiento
Valor de repuestos involucrados (total)	US\$184.300	US\$6.584	US\$177.716 ahorro en repuestos.
Valor hora hombre	US\$4.342	US\$807 (instalación gabinete)	US\$3.535 ahorro en inversión de hora hombre
Valor equipos de apoyo	US\$4.730	US\$428 (instalación gabinete)	US\$4.302 ahorro en uso de equipos de apoyo
Valor gabinete	-	US\$32.188 (ambas rotopalas)	-

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3-7: Gráfico comparativo de producción en área de ripios.

Como se explica anteriormente Ripios se rige por la producción del área seca, por lo que se contempla el valor de hora de producción de esta área para realizar comparaciones con respecto a la producción mensual. En la imagen anterior se logra plasmar el impacto en producción que aplica para la implementación del proyecto de un sistema de lubricación automática para ambas rotopalas, ya que al no tenerla se produjo una pérdida del 67% de producción mensual. Porcentaje de alto impacto para el cumplimiento de las metas propuestas en el área.

ANEXOS

Anexo 1. One page Circulo de calidad.

Propuesta QC: RC Lubrication

AREA	INICIATIVA	DUÑO
MTTO RIPIOS	Lubricar rotopala de manera automática.	Carlos Vergara
Problema / Oportunidad Los trabajadores de mantenimiento mecánico ripios identificaron que la lubricación entregada a las partes móviles que constituyen el disco de rotopala 1 y 2 es deficiente, lo cual provocaba poca continuidad operacional de las líneas de producción.		Soluciones <ul style="list-style-type: none"> • Se implementa un sistema de lubricación manual, instalando flexibles hidráulicos a las partes rotatorias del disco y entregándole lubricación con bomba manual de grasa (se engrasaban dos veces a la semana). • Se cambia la bomba manual de grasa por un estanque con bomba neumática alimentada con un compresor de aire (se engrasaba cuatro veces en el turno). • Se implementa sistema de lubricación automática, controlado con PLC manteniendo una lubricación constante diaria a los puntos rotativos del disco.
		Tiempo de implementación <ul style="list-style-type: none"> • 90 días
Equipo Carlos Vergara, Daniela Fernández, Henry Castillo.		Impacto <ul style="list-style-type: none"> • Salud y seguridad: Evitar lesiones musculares por el sobreesfuerzo que se mantiene al utilizar un bomba manual; lesiones respiratorias por el impacto de exponerse directamente a la polución al momento del retiro del material. Evitar exposición a equipo en funcionamiento (liberación descontrolada de energía) y contacto con sustancias peligrosas. • Producción: Entregarle continuidad operacional a la planta sin detenciones imprevistas ni de alto impacto.
		Capital requerido <ul style="list-style-type: none"> • US\$32.188. Esta inversión evita 912.000 a 1.368.000 Ton/hr de perdida.
		Riesgos/Barreras <ul style="list-style-type: none"> • Demora en la compra/construcción de equipo a implementar

Anexo 2. Estandarización círculo de calidad. Paso a paso de inspección

ESTÁNDAR PASO A PASO - SPENCE BHP					
Descripción Estándar:	Verificación de funcionamiento sistema de lubricación RC-01; RC-02	EPP			
Objetivo Estándar		Meta		Código	
Realizar lubricación rotopala 1 y 2		Lubricar de forma óptima partes móviles de rotopala 1 y 2			
Generó:	Validó:	Aprobó:	Ejecutor (es)	Vencimiento	
			Daniela Fernández – Carlos Vergara		
ETAPAS PASO A PASO					
	Chequeo de energización de unidad de lubricación 05 min Al llegar a terreno se debe observar luz verde del tablero de unidad se encuentra encendida o no. En el caso que no estuviese encendida significa que NO hay energía eléctrica. Para energizar se debe llamar a eléctricos para levantar break y activar la energía.			Frecuencia de chequeo de lubricación 15 min El ciclo antes mencionado se debe repetir una vez al turno. Puntualmente se debe mantener en observación diaria energización del sistema y estado de flexibles. <i>(Se recomienda realizar chequeo posterior a la mantención semanal).</i>	
	Revisar funcionamiento de bomba 10 min Una vez se encuentre circuito energizado, se debe resetear sistema automático <i>(en controlador apretando tecla R)</i> y observar que bomba alcance la presión óptima de trabajo (3200 PSI) en el tiempo estipulado en el controlador (80 seg. de trabajo cada 6 horas)		7	Foto	
	Revisar funcionamiento de bomba 10 min Una vez se encuentre circuito energizado, se debe resetear sistema automático <i>(en controlador apretando tecla R)</i> y observar que bomba alcance la presión óptima de trabajo (3200 PSI) en el tiempo estipulado en el controlador (80 seg. de trabajo cada 6 horas)		7	Foto	
	Revisar nivel de grasa 15 min En el caso que la bomba no tuviera funcionamiento, no generando presión o llegando a presiones bajas se debe chequear nivel de grasa en el estanque <i>(abriendo cubetas)</i> . El cual debe encontrarse con nivel a la mitad del estanque.		8	Foto	
	Observar funcionamiento de inyectores y estado de flexibles 16 min Cuando la bomba se encuentre realizando ciclo de lubricación, se debe sacar tapón plástico de los inyectores comprobando que bajen cuando este cargando grasa y subiendo cuando la inyecte. Posteriormente se deben revisar puntos de lubricación de equipos se encuentren conectados sin daños ni cortados.		9	Foto	
	Comprobación general 08 min Se debe comprobar funcionamiento de inyectores <i>(bajar y subir)</i> en sector de: Polesa de cola, Polesa de cabeza, Rueda capacho, Tornamesa.		10	Foto	
HERRAMIENTAS / IMPLEMENTOS		IDENTIFICACION	CALIBRAC.	TOLERANCIA	REFERENCIA
Uso de guantes hyflex					
Grasa MOBILITH SHC 220		11035588			

Anexo 4: HDS grasa Mobilith SHC 220



Nombre del producto: MOBILITH SHC 220
 Fecha de Revisión: 28 Dic 2017
 Número de revisión: 1.03
 Página 1 de 10

HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD

SECCIÓN 1 IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO QUÍMICO Y DE LA EMPRESA

De acuerdo a la fecha de revisión arriba indicada, esta (M)SDS cumple con las regulaciones en Chile.

PRODUCTO
 Nombre del producto: (Ver sección 16 para sinónimos) **MOBILITH SHC 220**
 Descripción del producto: Bases y aditivos sintéticos
 Código del producto: 2015A0204040, 644021
 Usos Recomendados: Grasa

IDENTIFICACION DE LA COMPAÑIA
 Proveedor: **Compañía de Petroleos de Chile - COPEC S.A.**
 Agustinas 1382
 Santiago Chile

24 Horas emergencia en salud LUBRICANTES 800 207 007 / 800 20 0220 /
 COMBUSTIBLES 123 800 003776

Información técnica del producto LUBRICANTES 800 207 007 / 800 20 0220 /
 COMBUSTIBLES 123 800 003776

SECCIÓN 2 IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS

CLASIFICACIÓN SEGÚN NCh382: No peligroso

IDENTIFICACIÓN DE PELIGRO SEGÚN NCh2190: No es aplicable

Este material no es peligroso de acuerdo con las guías regulatorias (Ver Sección 15 de la HDS)

Otra información relativa a los peligros:

PELIGROS FÍSICOS / QUÍMICOS AGUDOS Y CRÓNICOS
 Ningún peligro significativo.

PELIGROS PARA LA SALUD AGUDOS Y CRÓNICOS
 La inyección a alta presión bajo la piel puede causar daños graves. Exposición excesiva puede ocasionar irritación a los ojos, a la piel o irritación respiratoria.

PELIGROS AL MEDIO AMBIENTE AGUDOS Y CRÓNICOS
 Ningún peligro significativo.

Anexo 5: Ficha técnica de gabinete de lubricación

Ficha Técnica

VENTEC

Gabinete Lubricación BBA Cuñete

N° PARTE: MSGA 194685


Fabricación de gabinete lubricación que incluyen los siguientes accesorios:

- Bomba Eléctrica Bomba eléctrica de barril Bijur Delimon EBP22B4Z (incluye: manómetro de presión, adaptador 90 grado, bobina 220 VAC, válvula de alivio, flexible, adaptador para tambor).
- Tablero control incluido.
- Estructura metálica.



Imágenes Referenciales

Anexo 7: Documentación de trabajo. IS Atrapamiento/aplastamiento



INSTRUCCIÓN DE SEGURIDAD
ATRAPAMIENTO / APLASTAMIENTO

BHP

Dentro del Alcance: Las actividades donde una o varias partes del cuerpo, ropa, pelo, accesorios, herramientas u otro elemento externo que quedan expuestas entre un elemento móvil y un elemento fijo o entre dos elementos móviles, con el potencial de oprimir, aplastar, apretar o comprimir o donde existe potencial de quedar enganchado hacia un objeto que sobrealce con causando una o más fatalidades. Además, se incluyen elementos o materiales que pueden caer masivamente sobre personas durante actividades de mantenimiento, continuidad operacional y puesta en marcha de los proyectos (por ejemplo, descarga de bolas de molinos, mineral acumulado en chutas o buzones, entre otros).

Fuera del Alcance: Sólo Control Crítico N°2 (CC2), todas las actividades en que los equipos requieran estar operando (a) alineamiento de cornas, prensa agua sello bomba, ajuste sensores, entre otros), en cuyo caso se debe desarrollar un análisis de riesgo particular para esta actividad.

Se excluyen también todas las actividades asociadas a perforación de sondaje en actividades de exploración, manibras de taje y falla estructural consideradas en integridad de activos. Todas las intervenciones que requieran que los equipos estén en funcionamiento.


Si alguna de las preguntas (de Inspección, pre-trabajo o control crítico) tiene un "NO" como respuesta, NO inicie el trabajo y contacte a su supervisor.

CONTROL CRÍTICO 1 **Aislamiento, bloqueo, prueba de energía cero y liberación de energía residual** No aplica SI No Comentario



- ¿Las personas que están participando en la actividad están capacitadas y autorizadas para realizar el bloqueo?
- ¿Identificó y bloqueó según identificación o referencia diagramas de bloqueo, en el equipo o instalación, plano, procedimiento o instructivo vigente para las energías presentes (hidráulica eléctrica, mecánica, neumática, térmicas, químicas) antes del inicio del trabajo?
- ¿Los accesorios utilizados para el aislamiento y bloqueo, ¿son los efectivos e invariables para las energías presentes en la actividad a desarrollar según el estándar del sitio o área?
- ¿Verificó energía cero a todas las energías presentes en la actividad desarrollada según el diagrama de bloqueo?
- Se realizó y se verificó la liberación de la energía residual a todas las energías presentes en la actividad desarrollada según el procedimiento o instructivo sitio o área? Al liberar la energía residual debe asegurarse que no afecte a personas o equipos o instalaciones asociados a la actividad, verificando que no exista el riesgo de aplastamiento o atrapamiento.

CONTROL CRÍTICO 2 **Protecciones físicas (barrera física que impide la interacción entre hombre máquina, equipos del área y contiguo)** No aplica SI No Comentario



- Están todas las protecciones físicas (guardas, protecciones, rejillas u otras) instaladas para evitar el contacto de las personas o sus extremidades, accesorios y/o herramientas, ropa y otros accesorios con partes móviles según el estándar del sitio?
- ¿Las protecciones físicas evitan el contacto de las personas o sus extremidades, accesorios y/o herramientas con las partes móviles según el estándar del sitio?
- ¿Las protecciones físicas están sin corrosión, deformaciones y/o alteraciones que comprometan su efectividad según el estándar del sitio?

¿Usted conoce los equipos/herramientas que tienen el riesgo de atrapamiento/aplastamiento para el trabajo que va a ejecutar y está en condiciones de realizar el trabajo? SI No

¿Usted tiene la inducción del área vigente? SI No

FECHA EJECUCIÓN: _____


HORA EJECUCIÓN: _____

EMPRESA: _____

ÁREA: _____


TRABAJO A EJECUTAR: _____

CONTROL CRÍTICO 3 **Dispositivos de seguridad** SI No Comentario




- ¿El equipo en terreno cuenta con un dispositivo de desactivación de fuentes de energías en caso de emergencia (como por ejemplo interlock o pull cord o botonera o parada de emergencia o sensores de movimiento entre otros) y está al alcance dentro de su área o zona de trabajo?
- ¿Conoce la ubicación del dispositivo de seguridad y en caso necesario es factible activar el dispositivo durante el trabajo que se está realizando? (se contactó con el operador del equipo y preguntó si está vigente y operativo el dispositivo de activación de seguridad emergencia según el estándar del área)

CONTROL CRÍTICO 4 **Comunicación efectiva para zona segura de trabajo.** No aplica SI No Comentario



- ¿Existe comunicación efectiva y usted entiende que está en una zona de seguridad con la existencia de puntos ciegos y que las instrucciones deben ser efectivas a través de una confirmación con el operador de los equipos/herramientas?
- ¿Usted entiende que está en una zona de seguridad con la existencia de puntos ciegos y que las instrucciones deben ser efectivas a través de una confirmación con el operador de los equipos/herramientas?
- ¿Cuenta con un sistema operativo de radio con la autonomía para la duración total de la tarea?
- ¿Existen elementos sonoros (ejemplo: bocinas de emergencia) disponibles para una detención segura en caso de pérdida de comunicación radial donde exista puntos ciegos?
- ¿Comprende la utilización del elemento sonoro (ejemplo: bocinas de emergencia) disponible para una detención segura en caso de pérdida de comunicación radial donde exista puntos ciegos?
- ¿Todo movimiento de equipos/herramientas cuenta con un observador de seguridad que garantice la ubicación de los trabajadores fuera de los puntos ciegos y en zona segura de trabajo antes y durante de la actividad?

CONTROL CRÍTICO 5 **Demarcación/Delimitación/Segregación/ zona segura de trabajo y actividades con puntos ciegos** No aplica SI No Comentario



- ¿Tiene identificada las protecciones físicas a retirar en lugar de trabajo con o sin puntos ciegos?
- ¿La demarcación/delimitación/segregación de la zona de seguridad evita la interacción entre personas con equipos/herramientas en las áreas de trabajo donde haya sido retirada la protección física con o sin puntos ciegos y sistemas existe una verificación que advierte el riesgo de Atrapamiento/Aplastamiento?
- ¿En la actividad se encuentra definido el observador de seguridad y conoce su rol en caso de una emergencia?

¡IMPORTANTE: Si alguna de las condiciones cambia, se deberá evaluar nuevamente la implementación de los controles críticos.

NOMBRE Y APELLIDOS	RUT	FIRMA
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		
7.		
8.		
9.		

Esta sección debe ser completada por el verificador antes o durante la tarea.	
CONTROL CRÍTICO	REVISADO
1. Aislamiento, bloqueo, prueba de energía cero y liberación de energía residual	<input type="checkbox"/>
2. Protecciones físicas (barrera física que impide la interacción entre hombre máquina, equipos del área y contiguo)	<input type="checkbox"/>
3. Dispositivos de Seguridad	<input type="checkbox"/>
4. Comunicación efectiva para zona segura de trabajo	<input type="checkbox"/>
5. Demarcación/Delimitación/Segregación/ zona segura de trabajo y actividades con puntos ciegos	<input type="checkbox"/>

FECHA EJECUCIÓN: _____


HORA EJECUCIÓN: _____

NOMBRE Y FIRMA VERIFICADOR: _____


VERSIÓN 6.0 - Octubre 2023

Página 2 de 2

Anexo 8: Documentación de trabajo. IS Liberación descontrolada de energía



**INSTRUCCIÓN DE SEGURIDAD
LIBERACIÓN DESCONTROLADA
DE ENERGÍA**



Dentro del Alcance: La liberación de energías de operación o residual de energías: (i) mecánica producto del desmontaje de elementos tensionados que incluye corte de placas de revestimiento, rieles, paneles estructurales, cables metálicos o tubos, resortes, entre otros; (ii) energía de sistemas presurizados, que incluye energía oleo-hidráulica por presurización de líquidos o neumática, sistemas de inyección de aire, recipientes a presión o vapor, válvulas neumáticas, correa de mangueras de presión, entre otros; (iii) actividades de tiro y arrastre; (iv) energía hidráulica; (v) accesorios que podrían estar expuestos de algún equipo; (vi) protecciones de accionamiento que pueda causar una o más fallas.

Fuera del Alcance: Los eventos de riesgos asociados a energías: (i) química (cobriente en el riesgo de contacto con sustancias peligrosas), (ii) incendio y/o explosión, (iii) eléctricas (cobriente en el riesgo de contacto con energía eléctrica); (iv) gravitacional (cobriente por los riesgos de caída de objetos, agrietamiento y arriamiento, accidente en maniobras de izaje y pérdidas de contención de gran volumen); (v) radiactivas (cobriente en matriz de riesgos de salud); (vi) explosión de neumáticos; (vii) energía térmica.

FECHA EJECUCIÓN: _____

HORA EJECUCIÓN: _____

EMPRESA: _____

ÁREA: _____


TRABAJO A EJECUTAR: _____

¿Usted sabe identificar las energías presentes en la actividad a realizar y conoce la presión a la cual estaría expuesto? Sí No

En tareas como: soldaduras en planchas, unión de cañerías, intervención sistemas oleo-hidráulicos y neumáticos, entre otros.


Si algunas de las preguntas tiene un "NO" como respuesta, NO inicie el trabajo y contacte a su supervisor.

CONTROL CRÍTICO 1 Aislamiento, bloqueo, prueba de energía cero y liberación de energía residual No aplica Sí No Comentario




- ¿Identificó y bloqueó según identificación o referencia en el equipo, diagramas, plano o procedimiento vigentes para las energías presentes (hidráulica, mecánica, neumática y otras) antes del inicio del trabajo?
- ¿Realizó y registró la verificación de energía cero y la liberación de energía residual a todos los focos de energía presentes en la actividad desarrollada?
- ¿Las personas que intervienen en la actividad están capacitadas y autorizadas para realizar el bloqueo y verificar la efectividad de este?
- ¿Son todos los dispositivos de bloqueo efectivos?
- ¿Existe procedimiento de contención de energías residuales de elementos tensionados y/o sistemas durante la tarea? No aplica
- ¿Se identificaron todos los puntos de intervención donde se desarrolló una actividad bajo la presencia de energía residual?

CONTROL CRÍTICO 2 Mantenimiento de sistemas críticos (Oleo-hidráulicos o neumáticos) No aplica Sí No Comentario




- ¿Las unidades de acumulación neumática se encuentran con su certificación vigente? No aplica
- ¿La integridad del sistema hidráulico/neumático se encuentra en buen estado (sistemas o dispositivos de gases comprimidos)? (verificar corrosión, desgaste, acoples en mal estado, fugas, solduras de conectores, flexibles, y/o mangueras con desgaste, etc.).
- ¿El mantenedor de unidades hidráulicas y neumáticas está entrenado o capacitado para operar el sistema?

CONTROL CRÍTICO 3 Dispositivos de seguridad liberación y contención de energía No aplica Sí No Comentario



- ¿Existen dispositivos de alivio que actúen en caso que la presión supere el límite de operación normal del sistema según diseño?
- ¿Existen barreras físicas para sistemas de acumulación de alta energía en zonas de tránsito de vehículos que proteja o aisle al trabajador de una liberación descontrolada de energía en caso de impacto?
- ¿Las líneas permanentes de presión, cuentan con un método de fijación a una estructura en caso de desacople?
- ¿Las líneas temporales de presión, cuentan con un dispositivo de seguridad (ejemplo: pinta de seguridad, mallas) en caso de desacople?
- ¿Cuentan los equipos rotatorios con una protección la cual No aplica

CONTROL CRÍTICO 4 Selección de accesorios para tiro, arrastre y delimitación de zonas expuestas No aplica Sí No Comentario



- ¿Todos los accesorios seleccionados para la actividad tienen certificado?
- ¿Se encuentran los accesorios seleccionados libres de daño?
- ¿Se encuentra delimitada la zona de trabajo?
- ¿Se realizó la selección de los accesorios a utilizar en la actividad de tiro y arrastre de acuerdo a su capacidad y propósito?
- ¿Cuenta la tarea de tiro y arrastre con una planificación previa a su ejecución?

IMPORTANTE: Si alguna de las condiciones cambia, se deberá evaluar nuevamente la implementación de los controles críticos.

NOMBRE Y APELLIDOS	RUT	FIRMA
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		

Esta sección debe ser completada por el verificador antes o durante la tarea.


CONTROL CRÍTICO	REVISADO	COMENTARIO
1. Aislamiento, bloqueo, prueba de energía cero y liberación de energía residual.	<input type="checkbox"/>	
2. Mantenimiento de sistemas críticos (Oleo-hidráulicos o neumáticos).	<input type="checkbox"/>	
3. Dispositivos de seguridad liberación y/o contención de energía.	<input type="checkbox"/>	
4. Selección de accesorios para tiro, arrastre y delimitación de zonas expuestas.	<input type="checkbox"/>	

FECHA EJECUCIÓN: _____

HORA EJECUCIÓN: _____

NOMBRE Y FIRMA VERIFICADOR DE LA ACTIVIDAD

Anexo 9: Documentación de trabajo. IS Caída de objetos



INSTRUCCIÓN DE SEGURIDAD
CAÍDA DE OBJETOS

BHP

Dentro del Alcance: El impacto a personas por objetos / material en movimiento (controlados y descontrolados) por caída o desprendimiento desde su posición estática, además de caída de objetos en maniobras de izaje manual con potencial de causar una o más fatalidades.

Fuera del Alcance: Caída de objetos durante maniobras de izaje no manuales, falla o colapso estructural, caída de roca por falla de terreno, almacenamiento en rack/estantes de bodegaje, proyección de rocas por tronaduras, elementos o materiales que puedan caer masivamente sobre personas durante actividades de mantenimiento (ej. Material acumulado en chutes, bolas de molino).

Si algunas de las preguntas (de inspección pre trabajo o control crítico) tiene un "NO" como respuesta, NO inicie el trabajo y contacte a su supervisor para remediar la condición.

FECHA EJECUCIÓN: _____

HORA EJECUCIÓN: _____ EMPRESA: _____

ÁREA: _____

TRABAJO A EJECUTAR: _____

Inspección PRE-TRABAJO de los peligros de caída de objetos

La zona donde realizará la actividad debe estar libre de materiales o elementos que puedan caer desde altura:

¿Se inspeccionó físicamente el entorno, asegurando que no hayan elementos sueltos con posibilidad de caer: materiales, repuestos, herramientas o partes y piezas? SI NO

¿Se identificaron los puntos donde, a causa de la ejecución de la tarea, podrían caer o proyectarse elementos, y aplicaron los controles críticos para su contención? SI NO

¿Se incorporó en la planificación del trabajo la tarea de limpieza y orden, posterior a la ejecución, eliminando el riesgo de caída de objetos? SI NO

CONTROL CRÍTICO 1 Delimitación de áreas expuestas a caída de objetos SI NO Comentario

¿Cuenta el área de trabajo con una delimitación que cubra toda el área de proyección expuesta a caída de objetos?

¿Cuenta el área de trabajo con señalización la cual advierte el riesgo de caída de objetos, además de indicar el responsable del área y medio de contacto?

¿Existe coordinación entre equipos para trabajos en simultáneo en distintos niveles (superior o inferior)? No aplica

CONTROL CRÍTICO 2 Accesorios de izaje manuales certificados y revisados No aplica

¿Todos los accesorios seleccionados para la actividad cuentan con certificación?

¿Los elementos de izaje seleccionados cuentan inspección de pre uso documentada y se encuentran libres de daños como corte, fisura, desfilachado, coque, corrosión, desgaste, hendidura de soldadura, deformación de eslabones torcidos, con muescas, fibras con degradación, pulverizadas, elongadas, con quemaduras visibles, u otro que disminuya su capacidad?

CONTROL CRÍTICO 3 Elementos de sujeción para herramientas durante trabajo sobre nivel físico No aplica

¿Cuentan las herramientas a utilizar durante la tarea con un elemento de sujeción el cual se encuentra en buen estado? No aplica

¿Cuenta usted con un elemento seguro de almacenamiento de herramientas y accesorios para evitar su caída desde altura?

¿Indican todos los elementos de sujeción la carga máxima para la cual están diseñados?

¿Se encuentran los elementos de sujeción seleccionados libres de daños los cuales puedan disminuir su capacidad?

CONTROL CRÍTICO 4 Elementos de contención para caída de objetos No aplica SI No Comentario

¿Cuentan las plataformas de trabajo con un elemento de contención (rodapié, mallas y otros)?

¿Se encuentra el material apilado en plataformas de trabajo bajo el nivel del rodapié?

¿Para elementos de contención dentro del rodapié, existe un análisis que considere los riesgos asociados los métodos de contención? No aplica

CONTROL CRÍTICO 5 Limpieza área de trabajo niveles superiores (material acumulado en estructuras o plataformas) No aplica SI No Comentario

¿Se encuentra el área de trabajo libre de materiales acumulados? De no ser así, delimitar el área y gestionar limpieza del sector antes de iniciar la tarea

IMPORTANTE: Si alguna de las condiciones cambia, se deberá evaluar nuevamente la implementación de los controles críticos.

NOMBRE Y APELLIDOS	RUT	FIRMA
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		
7.		
8.		

Esta sección debe ser completada por el verificador antes o durante la tarea.

CONTROL CRÍTICO	REVISADO ANTES	REVISADO DESPUÉS	COMENTARIO
1. Delimitación de áreas expuestas a caída de objetos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2. Accesorios de izaje manuales certificados y revisados.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3. Elementos de sujeción para herramientas durante trabajo sobre nivel físico.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4. Elementos de contención para caída de objetos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5. Limpieza áreas de trabajo niveles superiores (material acumulado en estructuras o plataformas).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Inspección POST-TRABAJO de los peligros de caída de objeto creados durante la tarea.

Una vez terminado el trabajo, ¿verificó que el área de trabajo haya quedado ordenada y limpia, sin elementos sueltos o con el riesgo de caída de objetos?, si la respuesta es NO, contacte a su supervisor. SI NO

FECHA EJECUCIÓN: _____

HORA EJECUCIÓN: _____

NOMBRE Y FIRMA VERIFICADOR ANTES DE LA ACTIVIDAD

NOMBRE Y FIRMA VERIFICADOR DESPUÉS DE LA ACTIVIDAD

VERSION 8 - Junio 2023 Página 2 de 2

Anexo 10: Gabinete de lubricación automática.



CONCLUSIÓN

La tribología es el estudio de la ciencia y la tecnología de las superficies que interactúan en movimiento relativo y abarca el estudio y la aplicación de la fricción, el desgaste, la lubricación y aspectos relacionados con el diseño de los componentes de la maquinaria (noria).

En minería la lubricación de los componentes de sus grandes equipos es de alta importancia ya que el impacto que tienen las fallas referentes a este tema es de gran envergadura tanto en hora hombre empleada en su reparación, producción interrumpida y de alto impacto económico invertido para la solución del problema.

En el caso de lubricación de rotopaldas más específicamente al rodamiento de rueda de cachos se logró implementar varias soluciones para retardar la falla de este. Las primeras de implementación más analógica que la última y definitiva la cual con ayuda de la metodología BOS se logra concretar y codificar en la compañía minera.

BOS, metodología proveniente de Japón implementa la cultura oriental en la compañía ya que logra ordenar, responsabilizar y medir las oportunidades y desviaciones presentes en la planta correspondiente. BHP operation system cuenta con 14 practicas las cuales apuntan al mejoramiento, rendimiento y empoderamiento de las áreas. En el proyecto se trabajó con la practica numero 10 la cual habla de gestionar proyectos de mejora.

Con la practica número 10 se logró gestionar el proyecto automatizado para ambas rotopaldas, proyecto el cual reducirá las probabilidades de falla de rodamientos presentes en el equipo. Anexo a la instalación física de los gabinetes se necesitó cumplir con diferentes estándares de gestión para concretar y darle vida al proyecto.

Con esta metodología hoy en el área de rippers se logran grandes mejoras que ayudan a los mantenedores a cumplir con sus funciones de forma seguras y rápidas, el proyecto de lubricación que comenzó como lubricación forzada a los elementos rodantes de ambas

rotopalas se logro inventariar y codificar, esto sirve para darle soluciones a problemáticas de todas las áreas de Minera Spence con diversas aplicaciones, como por ejemplo ya se implementó como tensionador de orugas de los equipos móviles (rotopalas, puentes, esparcidor).

Como recomendación se aconseja cumplir con la pauta de inspección del gabinete para así detectar de forma eficiente y oportuna algún incumplimiento de ciclos o bien alguna falla presente en el sistema de lubricación automática. Se recuerda que la mantención preventiva es la mantención que se necesita implementar en las industrias si se requiere cumplir metas productivas.

BIBLIOGRAFÍA

VENTEC, Córdova Jorge, Ventas técnicas Belray.
Proveedor de gabinete y repuestos implementados en área de rípios, Minera Spence Antofagasta.

VERGARA Carlos, Técnico Hidráulico, área rípios Minera Spence.
Especialista en diseño de proyectos, implementación y circuitos hidráulicos.
Minera Spence, Sierra Gorda, Antofagasta.

APARICIO Judith, Specialist site planner, área rípios Minera Spence.
Encargada de cotización, compra y codificación de repuestos.
Minera Spence, Sierra Gorda, Antofagasta.

Agüero Juan, Superintendente mantenimiento cátodos, Minera Spence.
Encargado de gestionar mantenimientos de área seca y rípios.
Minera Spence, Sierra Gorda, Antofagasta.

BHP, Minera Spence, quienes somos. (en línea).
<https://www.bhp.com/es/about/why-our-work-matters> (consulta el 19 de septiembre del 2023).

BHP, Digital Workspace, Organigrama (en línea).
<https://performancemanager8.successfactors.com/> (consulta 18 de octubre del 2023).

BHP, Digital Workspace, BOS (en línea).
<https://spo.bhpbilliton.com/sites/BOS/SitePages/es/Home.aspx#/>
(consulta 20 de octubre del 2023)

