



**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS Y MATEMATICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

**PLAN DE MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD LABORAL EN LA GERENCIA
DE MANTENCION DE EQUIPOS SEMIMOVILES**

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGÍSTER EN
GESTIÓN Y DIRECCIÓN DE EMPRESAS**

MAURICIO ALEJANDRO BARRIGA PRADENAS

**PROFESOR GUÍA
ENRIQUE JOFRÉ ROJAS**

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN
GERARDO DÍAZ RODENAS
EDUARDO CONTRERAS VILLABLANCA**

**SANTIAGO DE CHILE
2019**

RESUMEN DE LA TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE: Magister en Gestión y Dirección de Empresas
POR: Mauricio Alejandro Barriga Pradenas
FECHA: Julio 2019
PROFESOR GUIA: Enrique Jofré Rojas

PLAN DE MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD LABORAL EN LA GERENCIA DE MANTENCION DE EQUIPOS SEMIMOVILES

La presente tesis consiste en presentar un plan de mejoramiento de la productividad laboral en la Gerencia de Mantenimiento de Equipos Semimóviles, GMESM, en línea a la estrategia de la compañía para este plan quinquenal, que plantea no solo mejorar la productividad de capital sino el desafío de maximizar la eficiencia de la productividad laboral en Minera Escondida Ltda., MEL.

Para el desarrollo de este documento, se debió determinar el estado actual (caso base) de la productividad laboral en la GMESM considerando el indicador Tool In Hand (TIH), utilizado a nivel de industria en mantenimiento, identificando las variables que lo componen y las que presentan mayores oportunidades. Este mejoramiento planteado, se evalúa económicamente a través de la disminución de Full Time Equivalente, FTE, directas en la estructura actual de mantenimiento, proponiendo la implementación de planes operativos, evaluando sus riesgos de salud, seguridad y financieros

De acuerdo al levantamiento realizado, la GMESM posee un indicador de productividad laboral de TIH de un 46%, siendo la propuesta de mejoramiento de 4 puntos porcentuales en este valor. Este mejoramiento de indicador propone un menor requerimiento de HH para realizar la estrategia de mantención a la actual de la flota de palas y perforadoras, resultando en una disminución de 22 FTE en la estructura de mantenedores de la GMESM. Esta disminución si bien no es tan significativa en el mejoramiento del indicador de productividad de Kton movidas por FTE, contribuye a la objetivo estratégico monitoreado para la Gerencia General Operaciones Mina, GGOM. Esta propuesta de acuerdo evaluación de riesgo efectuada, no constituye un riesgo mayor para la Gerencia General Mina con la propuesta de controles mitigatorios.

La propuesta de mejoramiento de productividad planteada, en su evaluación económica al compararla con la propuesta sin mejoramiento (caso base), genera un beneficio económico de ahorro en costos a Valor Presente de US\$ 9.815.733 considerando un horizonte de evaluación de 6 años a una tasa de 8,16% de acuerdo a lo determinado para evaluación de proyectos en este rango de valor en MEL.

En conclusión, el plan de mejoramiento propuesto, que considera establecer una línea base a través de metodología establecida y generar una propuesta de acciones operativas, presenta una mejora en indicadores importantes de productividad laboral como Kton movidas por FTE y % de Tiempo efectivo de Mantenedores, generando un beneficio directo en los costos de producción de la Mina.

Tabla de Contenido

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción.....	1
-----------------------	---

CAPITULO 2: OBJETIVOS

2.1 Objetivos.....	2
2.1.1 Objetivo general.....	2
2.1.2 Objetivos específicos.....	2
2.2 Metodología.....	2

CAPITULO 3: MARCO CONCEPTUAL

3.1 Marco Conceptual.....	3
3.1.1 Conceptos de Productividad.....	3
3.1.2 Productividad en el Mantenimiento.....	4
3.1.2.1 Medición de productividad en Mantenimiento.....	5
3.1.2.2 Estandarización de tiempos en Mantenimiento.....	6
3.1.3 Modelo para mejoramiento de productividad.....	6

CAPITULO 4: ANALISIS ESTRATEGICO/CONTEXTO ESTRATEGICO

4.1 Análisis Estratégico.....	9
-------------------------------	---

CAPITULO 5: ANALISIS DE LA SITUACION ACTUAL O LINEA BASE

5.1 Levantamiento de la situación actual/ Planteamiento del problema	13
5.2 Análisis de datos.....	16

CAPITULO 6: ANALISIS DE BENCHMARK

6.1 Benchmark.....	21
--------------------	----

CAPITULO 7: IDENTIFICACION DE BRECHAS

7.1 Análisis Situación actual/Cuantificación.....	22
7.2 Análisis Situación con Plan de Mejoramiento.....	22

CAPITULO 8: EVALUACION ECONOMICA

8.1 Cuantificación de la propuesta.....	23
---	----

CAPITULO 9: PLAN DE IMPLEMENTACION

9.1 Análisis de variables a intervenir.....	26
9.2 Plan de Mejoramiento.....	29
9.2.1 Mejoramiento aplicado a mantenimiento Regular.....	29
9.2.2 Mejoramiento Aplicado a Cambio de Componentes Mayores	30
9.2.2.1 Aplicación de Metodología SMED a Cambio de Balde	30

CAPITULO 10: ANALISIS DE RIESGO	
10.1 Análisis de riesgo de la propuesta.....	32
CAPITULO 11: CONCLUSION.....	36
Simbología.....	38
CAPITULO 12: BIBLIOGRAFIA.....	39

Índice de Tablas

Tabla 1 Número de Equipos de Carguío para el 5YP.....	12
Tabla 2 Número de Equipos de Perforación para el 5YP FY19/FY20.....	13
Tabla 3 Dotación para el FY18 GMESM.....	13
Tabla 4 Puestos de trabajo de mantenedores en sistema 1SAP.....	14
Tabla 5 Demanda de HH para efectuar la estrategia de Mantenición.....	15
Tabla 6 Demanda de HH para efectuar estrategia Mantenición corregida	15
Tabla 7 Resumen de Mediciones de TIH últimos 2 años.....	17
Tabla 8 Resumen de tiempo de duración de Cambio de Baldes.....	19
Tabla 9 Tabla ejemplo medición terreno tiempos cambio Tx Hoist.....	20
Tabla 10 Resumen Benchmark Externo Cambio Componentes.....	21
Tabla 11 Resumen de FTE de análisis de mejoramiento TIH 46% a 50%	23
Tabla 12 Detalle inversión inicial para implementación Mejoramientos...	25
Tabla 13 Flujo de costos para caso base sin mejoramiento.....	25
Tabla 14 Flujo de costos para caso base con mejoramiento.....	25
Tabla 15 Plan de trabajo para mejoramiento propuesto.....	29
Tabla 16 Resumen escenarios y categoría riesgos implementación Plan	32
Tabla 17 Resumen análisis de riesgos y escenarios con y sin controles.	33
Tabla 18 Matriz de Riesgo Plan de Mejoramiento Productividad.....	34
Tabla 19 Controles preventivos Análisis Riesgo.....	34

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1 Lean Maintenance TPS.....	7
Ilustración 2 Comparación Industria Minera e Industria Automotriz	8
Ilustración 3 Mapa referencial de ubicación de Rajo Escondida...	9
Ilustración 4 Proceso productivo Minera Escondida Limitada.....	10
Ilustración 5 Distribución de Movimiento Mina FY19.....	11
Ilustración 6 Distribución de Movimiento Mina FY20.....	11
Ilustración 7 Plan de mantención de Flota Carguío 5YP-FY19/FY20	12
Ilustración 8 Flujograma proceso de generación de Órdenes de Trabajo	14
Ilustración 9 Planillas seguimiento toneladas cargadas Cables y Baldes	16
Ilustración 10 Desglose por variables de clasificación de Tiempo...	17
Ilustración 11 Metodología proceso mejoramiento cambio componentes	18
Ilustración 12 Resumen de Cambios de Balde FY17 al FY19.....	18
Ilustración 13 Análisis estadístico duración tiempo de cambios de balde	19
Ilustración 14 Distribución Tiempos por actividad para Cambio Balde.	19
Ilustración 15 Lista de actividades potenciales a reducir en tiempo...	20
Ilustración 16 Estructura de Costos Mina de la GGOM US\$/ton.....	24
Ilustración 17 Distribución de Kton movidas por FTE.....	26
Ilustración 18 Resumen de medición de variables para TIH en GMESM	27
Ilustración 19 Desglose de actividades para la variable Travel Time.	27
Ilustración 20 Desglose de actividades para la variable WaitingTime	28
Ilustración 21 Desglose de actividades para la variable Lost Time....	28
Ilustración 22 Clasificación de secuencia de actividades Cambio Balde	31
Ilustración 23 Tiempo actual vs Tiempo potencial metodología SMED	31
Ilustración 24 Bubble Chart Plan de Mejoramiento Productividad....	35

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción

Durante los últimos años los países productores de materias primas han visto caer el ritmo de crecimiento de su productividad agregada, donde Chile no es la excepción. Desde el año 2000 a la fecha se estima que en el país la productividad total de factores (PTF) disminuyó en más de un 20%. Este indicador considera factores de productividad capital y productividad laboral.

Si bien para la mayoría de las compañías del rubro minero, los esfuerzos han estado centrados en el mejoramiento de la productividad capital representada en la eficiencia en el uso de los activos (Disponibilidad, utilización efectiva y rendimiento), obteniendo resultados destacados en algunos de ellos, se ha visualizado que existen oportunidades en maximizar la eficiencia en la productividad laboral.

Maximizar el uso de los recursos con calidad y eficiencia es fundamental en el camino de mejorar la productividad. Dado lo anterior, se hace importante la utilización eficiente de los recursos productivos para asegurar la sustentabilidad de la industria minera en el mediano y largo plazo.

De lo anterior las compañías que han avanzado en la productividad capital, también han desafiado a las áreas de mantención a trabajar en esta mejora.

Dado los argumentos anteriores, a través de este trabajo se propone generar un plan de mejoramiento que permita capturar las oportunidades y a través de una estrategia a nivel de gerencia proponer mejoramientos en el Área de Mantención de Equipos Semimoviles de Minera Escondida Limitada. Para ello se realizará un análisis de la situación actual y su comparación con indicadores de productividad laboral benchmark en la gran minería, identificando las oportunidades y palancas para aumentar la productividad de mantenedores a través de metodologías de mejoramiento del mantenimiento, contempladas en los conceptos de Tiempo efectivo de mantenimiento (Tool in Hand) y metodología Lean (maintenance lean).

Este mejoramiento productivo impactará en indicadores claves de productividad laboral de forma directa como las Kton movidas por FTE y disponibilidad de Equipos semimoviles, mejorando la productividad total del Sitio.

CAPÍTULO 2: OBJETIVOS

2.1 Objetivos

2.1.1 Objetivo general

El objetivo de este trabajo, es generar un plan de mejoramiento de la productividad laboral en la Gerencia de Mantenimiento de Equipos Semimoviles a través de metodologías estándares, empleadas tanto en la optimización de recursos como en el mantenimiento de equipos.

2.1.2 Objetivos específicos

- Realizar diagnóstico de la situación actual del área de mantenimiento de equipos semimoviles y su posicionamiento a nivel de industria (Benchmark) en productividad laboral.
- Identificar las brechas y las palancas de mejoramiento en productividad laboral.
- Evaluar económicamente las mejoras planteadas.
- Establecer un plan de implementación

2.2 Metodología

Para dar respuesta a los objetivos planteados y el desarrollo de la tesis se utilizará la siguiente metodología

- Levantamiento Situación Actual y definición de línea base

Se revisará en este proceso la línea base de productividad laboral en el área de la Gerencia de mantenimiento de equipos semimoviles, considerando personas, procesos, estructuras y tecnología actual.

- Definición del problema

Se investigará indicadores en la industria minera sobre productividad laboral (benchmark), identificando las variables y brechas a considerar en este plan de mejoramiento.

- Evaluación Económica y beneficios del proyecto

Cuantificar el beneficio de aumento de productividad laboral (TIH) y eficiencia de los procesos (Lean) aplicada a Cambio de Componentes, a través de indicadores claves como las Kton movidas por FTE, ahorro en el costo por tonelada movida y disponibilidad de Equipos semimoviles. Evaluar otros beneficios que se puedan generar en este plan y que no necesariamente sean cuantificables económicamente y las metodologías adecuadas para medición de resultados, cuantificando los beneficios esperados.

- Plan de Implementación

Definición de plan tentativo de implementación del proyecto, incluyendo etapa de pilotaje y una estrategia adecuada de evaluación de riesgo y gestión del cambio

CAPÍTULO 3: MARCO CONCEPTUAL

3.1 Marco Conceptual

3.1.1 Conceptos de productividad

La literatura económica utiliza diferentes indicadores para analizar la evolución productiva de un sector. Un indicador usado con frecuencia en minería es la productividad parcial del trabajo, medido como toneladas de cobre fino producido por trabajadores.

Aunque esta métrica es simple de calcular, presenta sesgos importantes que afectan el análisis; los más significativos:

- i) que no considera factores exógenos que determinan la capacidad productiva, tales como ley del mineral, o la razón estéril mineral (REM)
- ii) que no incorpora otros factores involucrados en el proceso, como la cantidad o tipo de equipamiento (capital), y el plazo en que el capital entra en operación.

Al ignorar estos efectos se imputan erróneamente a la medida de productividad los efectos provenientes de otras fuentes. Dado que las mediciones tradicionales de productividad ignoran las variaciones en la ley del mineral, un deterioro en esta (como se dio en los últimos años) es capturado como menor productividad. En palabras simples, se debe cargar, transportar, y procesar mayor material para extraer la misma cantidad de cobre fino, pero no porque los insumos sean menos efectivos, sino porque la calidad del recurso empeoró entregando menos cobre la misma cantidad de recurso natural. Así, los estudios que usan como métrica de productividad el cobre fino producido (o el valor agregado) por trabajador, muestran para el periodo 2000-2015 caídas acumuladas del orden del 50% (o más). Esto se traduce en una sobrestimación del deterioro en la capacidad productiva conjunta de los insumos, al ignorar la reducción de la ley del mineral. Con el fin de corregir esta sobreestimación, se ocupa como métrica de productividad parcial las toneladas de material movido por unidad de trabajo, en lugar de la de cobre producido. Esta forma de medir productividad se hace cargo de los factores geológicos mencionados en el punto i) anterior, pues el material movido incorpora tanto la ley del mineral como la razón estéril mineral

De acuerdo a lo anterior, La productividad de la gran minería considera dos dimensiones que lo determina como son la Productividad de capital y la productividad laboral (También conocida como productividad media), ambas **componen el concepto de productividad Total.**

Productividad de Capital	Productividad de la gran Minería	Productividad Laboral
Indicadores de productividad laboral		
kTon de Mineral movido por FTE		
kTon de Mineral Procesado por FTE		
KTon de cobre fino producido por FTE		
% de Tiempo efectivo de Operadores y Mantenedores		

La productividad laboral mide la relación entre la cantidad de trabajo incorporado en el proceso productivo y la producción obtenida. El método más común es aquél que relaciona la cantidad de producto obtenido con el número de horas hombre trabajadas durante un periodo determinado, ya sea en una unidad productiva, en un sector de actividad económica o en un país.

Un aumento de la productividad laboral ocurre cuando la producción se eleva en un porcentaje mayor que el factor trabajo; también cuando la cantidad producida disminuye, pero las unidades de trabajo bajan a un ritmo superior; asimismo, cuando el factor trabajo aplicado es el mismo y aumenta el volumen producido: o bien si se aplican menores unidades de trabajo y el nivel de producción se sostiene.¹

3.1.2 Productividad en Mantenimiento

Para las organizaciones de muchas industrias intensivas en activos, los costos de mantenimiento pueden ser una parte importante del costo total de operación (tal vez tan alto como el 50% de los costos totales en algunos segmentos de la industria minera). Además, el mantenimiento puede tener un impacto significativo sobre otros aspectos del rendimiento de la organización, como seguridad, medio ambiente y producción, por lo tanto, es muy importante que funcione de la manera más productiva posible.

La Productividad en general se considera que es la relación de las salidas respecto a las entradas en un sistema de producción. Las salidas consistentes típicamente en productos o servicios (o el valor de estos productos o servicios), y las entradas son los recursos consumidos (o el costo de esos recursos consumidos) para producir estos productos o servicios. Debido a que la productividad es una relación, es importante que tanto el numerador y el denominador de la relación tengan las mismas unidades de medida y típicamente esta unidad de medida son financieros (dólares, euros o equivalente). Otro concepto a considerar es que, dado que la productividad es una relación, ser productivo requiere un enfoque tanto en eficacia (hacer lo correcto) como en

¹ INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA Y GEOGRAFIA. Metodología de cálculo de indicadores de productividad laboral en la industria manufacturera. [en línea]. <https://www.inegi.org.mx/inegi/spc/doc/bibliografia/7AC06BCF.pdf>. [consulta: 11 Octubre 2018]

eficiencia (hacerlo bien). Ser eficaz típicamente aumentara el numerador (Salida) en la ecuación de la productividad, mientras que el ser eficiente será típicamente reducir el valor del denominador (entradas)²

Si aplicamos esta definición general y el concepto de mantenimiento, se hace evidente que tenemos que ser capaces de definir (y Medir) tanto las salidas y como las entradas asociadas al sistema de mantenimiento.

Las entradas en el sistema de mantenimiento son relativamente fáciles de definir y medir. Los recursos consumidos al realizar el mantenimiento general constaran de mano de obra, materiales, herramientas o equipos utilizados para mantenerla planta o el equipo. Los valores financieros pueden ser determinados por cada uno de estos elementos y por lo general, se medirán en la mayoría de las organizaciones, aunque se pueden necesitar algunos tejemanajes de la contabilidad con el fin de asegurar que un nivel adecuado de gastos generales corporativos se aplica a la función de mantenimiento.

3.1.2.1 Medición de productividad en Mantenimiento

Tool in Hand

El Tool in Hand (Tiempo con herramienta en mano) se utiliza con frecuencia como un indicador para evaluar la productividad del mantenimiento. Esto implica la realización de estudios de tiempo de operadores y técnicos de mantención para determinar qué proporción de su tiempo lo dedican realmente al trabajo sobre el activo y que proporción dedican a otras actividades. Las formas más comunes de realizar estas mediciones son:

-Tener un observador siguiendo a un técnico por un cierto periodo (por lo general varios días o semanas) y usar un cronometro para registrar las actividades realizadas por el operador y el tiempo dedicado a cada actividad.

-Utilizar la técnica de trabajo de muestreo para observar a los técnicos a intervalos aleatorios generados estadísticamente y tener en cuenta la actividad que se realiza en ese punto específico en el tiempo. Se toma un número de observaciones a fin de proporcionar cierto nivel de confianza en los resultados.

Dentro de las variables donde se clasifican estos tiempos, se consideran las siguientes actividades

- Seguridad
- Soporte
- Tiempo con Herramienta
- Tiempo en Sistema
- Tiempo de Traslado
- Tiempo Espera
- Reuniones
- Breaks

² SANDY DUNN. 2017. ¿Cómo medir la productividad en el mantenimiento?. [en línea]. Vanguardia Industrial Jun 19, 2017 <<https://www.vanguardia-industrial.net/como-medir-la-productividad-del-mantenimiento/>> [consulta 20 noviembre 2018]

- Tiempo Perdido

La idea es identificar aquellas actividades que no aportan valor al mantenimiento y que son susceptibles de ser disminuidas o eliminadas. Los estándares mundiales indican que un Tool in Hand de 60% es el óptimo en planta o Talleres y entre 50 a 52% para actividades de mantención en la mina.

Para el caso de la Gerencia de Mantención de Equipos Semimoviles, la manera de generar valor es aumentar el Tool in hand de la mano de obra directa (MEL+ Contratistas), que incide directamente en la productividad laboral. Este mejoramiento considera:

- Hacer más en el mismo tiempo
- Mejorar la seguridad
- Optimizar equipos de apoyo
- Estandarizar actividades
- Simplificar
- Hacer lo mismo en menos tiempo
- Optimizar recursos materiales
- Integrar funciones
- Capacitación

3.1.2.2 Estandarización de tiempos en Mantenimiento

Otro posible enfoque es comparar el tiempo real que se tardan los mantenedores en realizar tareas de mantenimiento planificado con las estimaciones estándar para realizar las actividades. Si el tiempo real necesario para realizar estas actividades es cada vez más bajo (en comparación con las estimaciones estándar), la productividad estará mejorando. El desafío de este enfoque es asegurar que la duración de las tareas sea realistas y precisas.

3.1.3 Modelo para mejoramiento de Productividad

Una vez que determinan las variables que poseen oportunidades, es importante identificar las metodologías existentes para mejoramiento enfocadas a las actividades que considera.

Lean Maintenance.-

Uno de los principales objetivos del Lean Maintenance es implantar una filosofía de mejora continua que permita a las compañías reducir sus costos de mantenimiento, mejorar los procesos relacionados y eliminar los desperdicios para aumentar la confiabilidad operacional y disponibilidad de los activos a fin de agregar valor a los procesos productivos y contribuir a mantener la utilidad. En otras palabras, es el proceso de Identificación de pérdidas en las actividades de mantenimiento.

Herramientas del Lean Maintenance.-

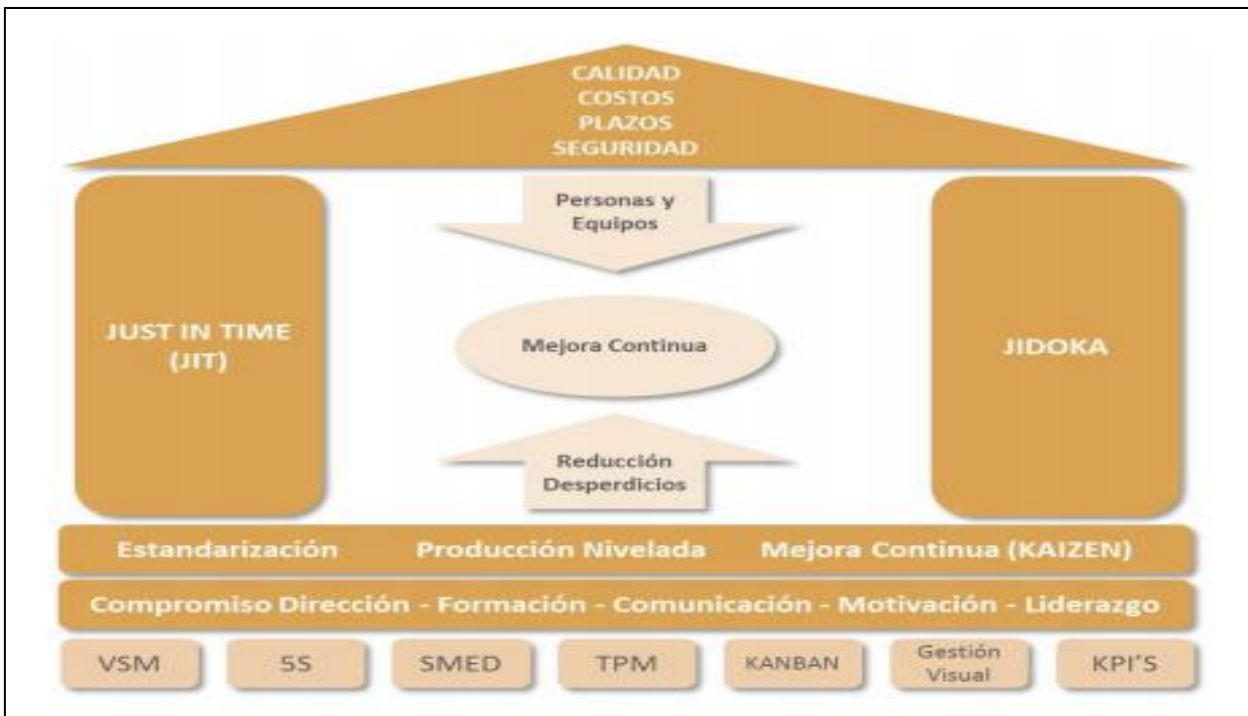
El Lean Maintenance agrupa una serie de métodos o herramientas enfocadas a minimizar el uso de los recursos o reducir los desperdicios en los procesos de

mantenimiento a través de equipos de trabajo. Los elementos o métodos de este sistema se clasifican en

- Value Stream Mapping
- 5S y Sistemas visuales
- Just in time
- Pull System/Kanban
- Células de Mantenimiento
- SMED
- Mantenimiento Productivo Total (TPM) / RCM (Realibility Centered Maintenance)
- Trabajo Estandarizado
- Poka – Yoke
- Kaizen/Kaizen Blitz

Lo anterior de refleja en la siguiente imagen, conocida como TPS (Toyota Production System)

Ilustración 1 Lean Maintenance TPS



Fuente: Toyota Production System

En los pilares de esta casa están las herramientas más conocidas y señaladas anteriormente; Just in Time (JIT) que se refiere a la fabricación en el momento justo con la cantidad requerida y JIDOKA la que no deja pasar ningún defecto en la fase de producción. Las bases de la casa consideran procesos estandarizados y nivelados, así como la mejora continua o Kaizen, y las características del recurso humano de la organización; como lo es el compromiso de la dirección, la formación, comunicación y liderazgo que se necesitan para lograr implementar este sistema de manera consistente en el tiempo. Y finalmente el techo de la casa son los resultados: mayor calidad, menores costos, menores plazos de entrega y mejor seguridad.

De forma adicional, en la parte inferior se mencionan algunas de las herramientas que pueden ser utilizadas tanto para el diagnóstico, implementación o seguimiento a los procesos según se requiera en cada tipo de organización.

En definitiva, el Lean Management es un sistema integrado de gestión, que busca alcanzar la máxima eficiencia con el menor costo y el mínimo de desperdicios, adoptando finalmente una filosofía de gestión basada en la mejora continua. Para lograr esto se actúa sobre la variabilidad (pérdidas) y la inflexibilidad, consiguiendo mejoras en los costos, tiempos y calidad

La base del trabajo en una transformación a través de la metodología Lean es definir los objetivos que se quieren lograr a partir del análisis de la situación actual y la elección de los métodos a utilizar.

Los beneficios que proporciona la aplicación de conceptos y prácticas Lean han llevado a aplicar esta metodología a la industria minera también. A pesar de las diferencias que se puedan observar entre la industria automotriz (donde nace la filosofía Lean) y la industria minera, existe la oportunidad de aplicar con éxito los principios dada la visión común que tienen, como bien menciona. Wijaya et al. (2008)

- Se basan en procesos de negocios eficaces y eficiencia dentro de la cadena de valor.
- Existen esfuerzos por maximizar la eficiencia operativa.
- La cadena de suministro es extensa.
- Enfoque implacable en la seguridad.

En contraparte, las diferencias existentes entre ambas industrias son las que implican las consideraciones y desafíos en adaptar los valores y necesidades que conlleva la aplicación de la filosofía

Ilustración 2 Comparación entre la Industria Minera y la Industria Automotriz

<i>Industria Minera</i>	<i>Industria Automotriz</i>
Exigencia Física del Entorno	Entorno Ambiental
Incertidumbre del Entorno	Ambiente de trabajo Estable
Equipos Repartidos Geográficamente	Plantas Compactas
Materias Primas Viabes	Materias Primas Controladas
Ubicaciones Remotas	Ubicación en Grandes Ciudades

Fuente: Elaboración propia

Mejora Continua.-

Dentro de la filosofía y desde sus inicios con Deming en temas de calidad, el ciclo de la mejora continua es un pilar fundamental dentro de las organizaciones para conseguir mejores resultados, enfocándose constantemente en disminuir los desperdicios. El ciclo de la mejora continua se realiza como un proceso que inicia con pequeñas innovaciones y mejoras realizadas por los empleados, las cuales van progresando y acumulando con el espíritu de buscar siempre la perfección, y logrando finalmente mejores resultados en costos, tiempos y calidad

CAPÍTULO 4: ANALISIS ESTRATEGICO/CONTEXTO ESTRATEGICO

4.1 Análisis Estratégico

Minera Escondida Limitada (MEL), compañía minera de cobre que está situada a 170 km al sureste de la ciudad de Antofagasta, a una altura de 3.100 metros sobre el nivel del mar. Es una de las empresas mineras más grandes del mundo en la producción de concentrado de cobre y cátodos a través de la explotación de dos rajos (Escondida y Escondida Norte).

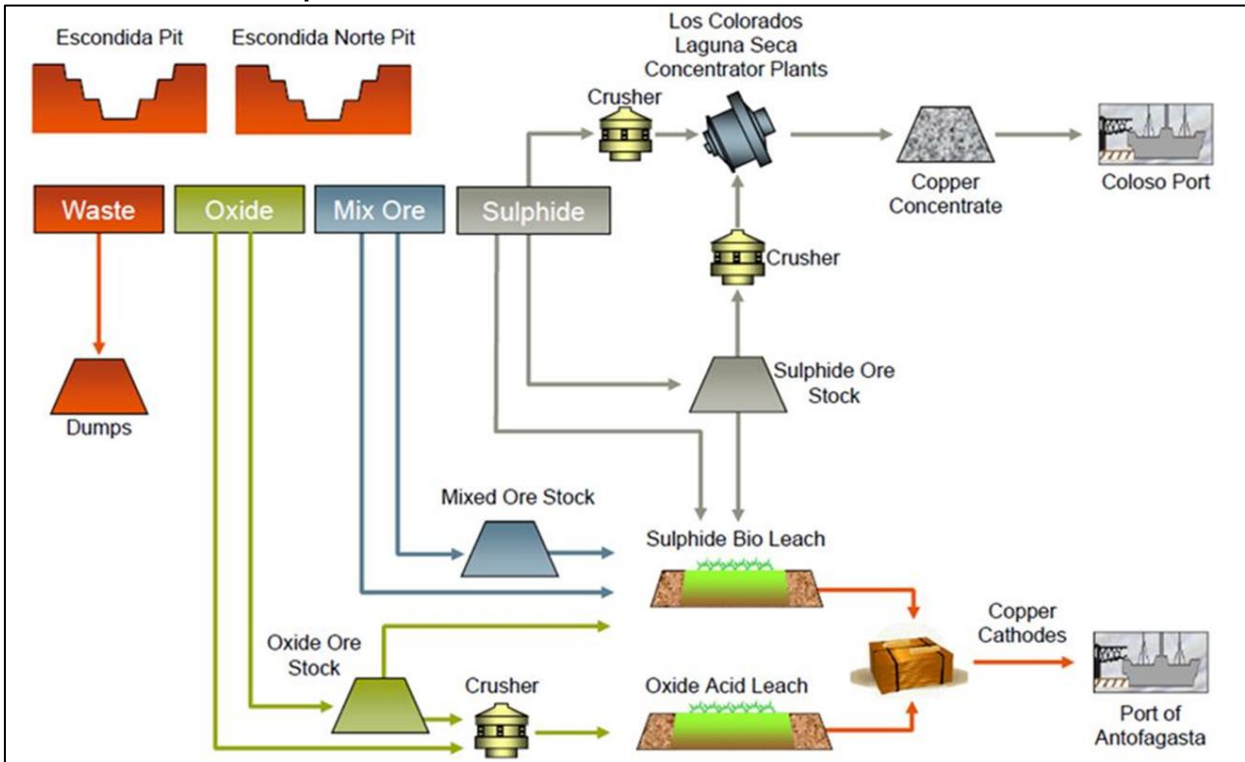
Ilustración 3 Mapa referencial de ubicación de Rajo Escondida



Fuente: Revista Interna Minera Escondida

La infraestructura actual en faena consiste principalmente en sistemas de chancado y transporte de mineral, tres plantas concentradoras (Concentradora Los Colorados; Concentradora Laguna Seca Línea 1 y Concentradora Laguna Seca Línea 2), dos pilas de lixiviación, dos plantas de extracción por solventes y una planta de electro-obtención, así como dos mineroductos que transportan el concentrado hasta las instalaciones en Puerto Coloso, al sur de Antofagasta, donde es filtrado y embarcado a los clientes. Allí opera también una planta desalinizadora de agua de mar que produce agua para uso industrial, la que es bombeada hasta la mina a través de un acueducto de 166 km. El concentrado de cobre se obtiene a través del proceso de flotación de mineral sulfurado y los cátodos de cobre, mediante lixiviación de mineral oxidado, biolixiviación de sulfuros de baja ley, extracción por solventes y electro obtención.

Ilustración 4 Proceso productivo Minera Escondida Limitada



Fuente: Revista Interna Minera Escondida

Actualmente, Minera Escondida es operada por BHP Billiton, división Mineral Américas, que cuenta con un 57.5% de su propiedad. Entre los otros propietarios de esta minera se encuentran: Rio Tinto con un 30%, Jeco Corp con un 10% y Jeco2 Ltda. con un 2.5%.

El foco central de la estrategia actual de la compañía, está puesto en optimizar la generación de valor a través de un modelo operativo simplificado, basado en la seguridad, la productividad y la cultura. Esto significa que lo que se hace actualmente puede hacerse de forma más segura, a un costo más bajo y con menos capital. El objetivo es acelerar todos los procesos y labores que hoy se realizan en forma correcta y con buenos resultados, como la transferencia de mejores prácticas, el uso de 1SAP y la incorporación de tecnología innovadora, a fin de compensar la disminución de la ley y mantener el perfil de la operación.

El propósito es crear valor para los accionistas en el largo plazo a través del descubrimiento, adquisición, desarrollo y comercialización de recursos naturales. La estrategia es poseer y operar activos de procesos primarios, de gran tamaño, larga vida, bajo costo y con potencial de crecimiento, diversificados por producto, geografía y mercado.

La Gerencia General de Operaciones Mina está encargada de los procesos de Perforación, Tronadura, Carguío, Transporte y Chancado. Dentro de esta, La Gerencia de Mantenimiento de Equipos Semimoviles es la encargada de Mantener la Flota de Carguío

y Perforación que considera 18 Palas Electromecánicas, 3 Palas Hidráulicas, 5 Perforadoras Eléctricas, 4 Perforadoras Diésel y 5 Perforadoras de Pre-corte asegurando los valores de disponibilidad comprometidos en el 5YP que apalancan el cumplimiento del movimiento total de la mina para los FY19 y FY20 considerado en 1.332 ktpd y 1.361 ktpd respectivamente (Expit y Remanejo)

Ilustración 5 Distribución de Movimiento Mina FY19

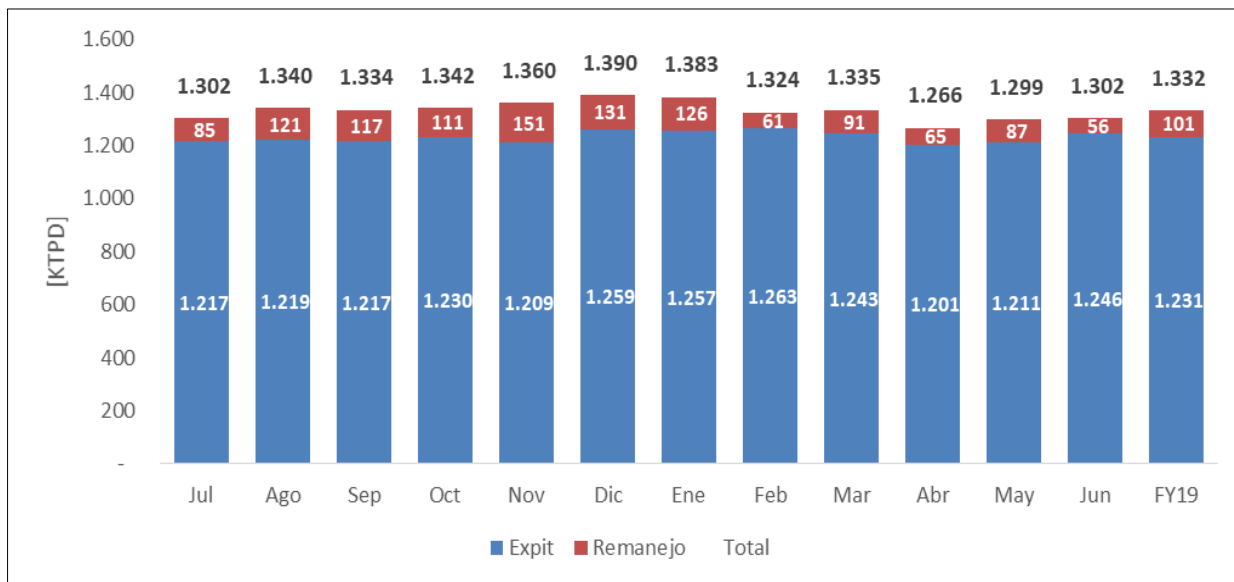
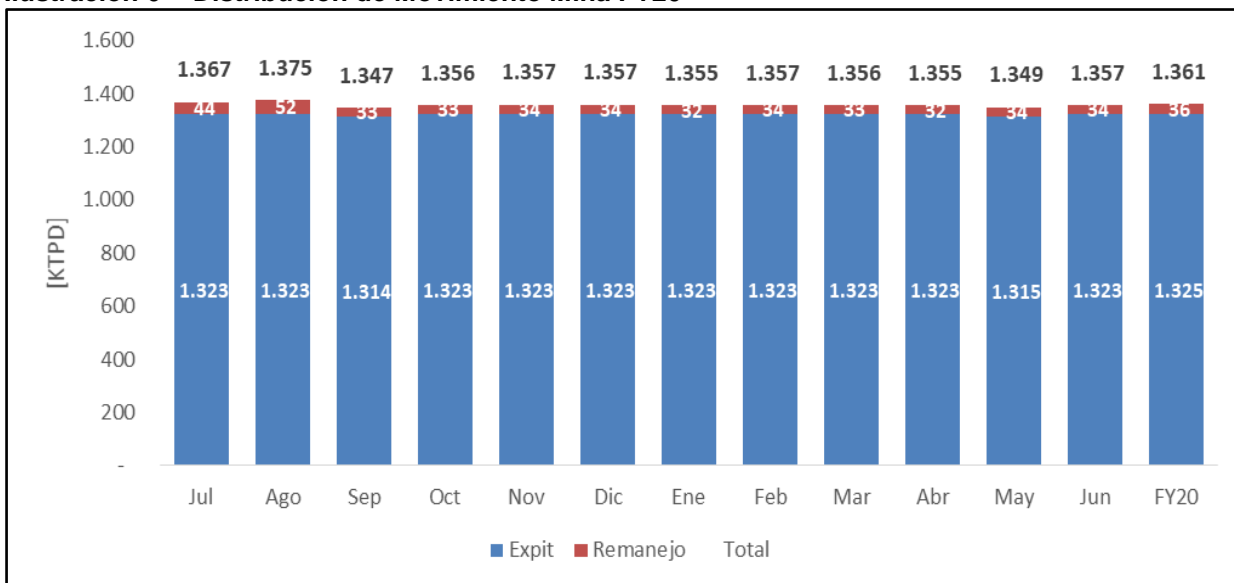


Ilustración 6 Distribución de Movimiento Mina FY20



Fuente: Plan Quinquenal Mina GGOM

Esta mantención se realiza a través de una estrategia de mantenimiento preventivo, predictivo y reactivo, cuyo objetivo es cumplir con los KPI de Disponibilidad asociados a este Plan Minero

Ilustración 7 Plan de mantenimiento de Flota Carguío 5YP-FY19/FY20

Flota	Equipo	jul-18	ago-18	sept-18	oct-18	nov-18	dic-18	ene-19	feb-19	mar-19	abr-19	may-19	jun-19			
4100XPB	SV065	88,18%	88,18%	88,03%	88,18%	88,03%	88,18%	88,18%	87,69%	88,18%	88,03%	88,18%	88,03%	88,09%	85,54%	
	SV066	88,18%	88,18%	88,03%	88,18%	88,03%	88,18%	88,18%	63,72%	88,18%	88,03%	88,18%	88,03%	86,09%	87,77%	
	SV067	88,18%	88,18%	88,03%	88,18%	84,20%	88,18%	88,18%	87,69%	88,18%	88,03%	88,18%	88,03%	87,77%	87,47%	
	SV069	88,18%	88,18%	88,03%	88,18%	59,47%	88,18%	88,18%	87,69%	88,18%	88,03%	88,18%	88,03%	85,71%	86,79%	
	SV070	88,18%	88,18%	88,03%	88,18%	88,03%	88,18%	88,18%	87,69%	88,18%	88,03%	69,51%	88,03%	86,53%	88,35%	
4100XPC	SV078	89,34%	89,34%	89,17%	89,34%	89,17%	89,34%	89,34%	88,77%	89,34%	89,17%	89,34%	89,17%	89,24%	84,24%	
	SV079	88,96%	89,34%	89,17%	89,34%	89,17%	89,34%	89,34%	88,77%	89,34%	89,17%	89,34%	89,17%	89,20%	89,50%	
	SV092	89,34%	89,34%	89,17%	89,34%	89,17%	89,34%	89,34%	88,77%	89,34%	89,17%	89,34%	89,17%	89,24%	89,50%	
Flota	Equipo	jul-18	ago-18	sept-18	oct-18	nov-18	dic-18	ene-19	feb-19	mar-19	abr-19	may-19	jun-19	FY19	FY20	
495 HR	SV068	87,50%	87,50%	87,34%	87,50%	87,34%	87,50%	87,50%	87,00%	87,50%	40,79%	87,50%	87,34%	83,52%	87,74%	
	SV071	87,50%	87,50%	87,34%	87,50%	87,34%	87,50%	87,50%	87,00%	87,50%	87,34%	87,50%	87,34%	87,40%	85,70%	
	SV072	87,50%	87,50%	87,34%	87,50%	87,34%	68,99%	87,50%	87,00%	87,50%	87,34%	87,50%	87,34%	85,86%	86,20%	
	SV073	87,50%	87,50%	87,34%	87,50%	87,34%	87,50%	87,50%	87,00%	48,20%	87,34%	87,50%	87,34%	84,13%	85,88%	
	SV074	87,50%	87,50%	87,34%	87,50%	87,34%	87,50%	87,50%	87,00%	87,50%	87,34%	87,50%	36,45%	83,16%	86,20%	
	SV075	87,50%	87,50%	87,34%	36,54%	87,34%	87,50%	87,50%	87,00%	87,50%	87,34%	87,50%	87,34%	83,16%	85,70%	
	SV076	87,50%	68,99%	87,34%	87,50%	87,34%	87,50%	87,50%	87,00%	87,50%	87,34%	87,50%	87,34%	85,86%	83,15%	
SV077	87,50%	87,50%	68,22%	87,50%	87,34%	87,50%	87,50%	87,00%	87,50%	87,34%	87,50%	87,34%	85,81%	82,85%		
Flota	Equipo	jul-18	ago-18	sept-18	oct-18	nov-18	dic-18	ene-19	feb-19	mar-19	abr-19	may-19	jun-19	FY19	FY20	
UCYRUS 495	SV063	82,54%	85,00%	79,42%	46,20%	85,75%	84,02%	81,26%	83,75%	84,01%	86,92%	84,23%	86,01%	80,20%	0,00%	
Flota	Equipo	jul-18	ago-18	sept-18	oct-18	nov-18	dic-18	ene-19	feb-19	mar-19	abr-19	may-19	jun-19	FY19	FY20	
PC5500	SV080	79,34%	80,10%	82,10%	79,10%	68,35%	80,27%	80,10%	80,10%	80,10%	80,10%	80,10%	80,67%	79,11%	0,00%	
	PC8000	SV081	80,04%	80,04%	80,04%	80,04%	80,04%	80,04%	80,04%	80,04%	80,04%	80,04%	80,04%	80,04%	80,04%	80,04%
		SV082	80,22%	80,22%	68,62%	80,22%	80,04%	80,22%	80,22%	79,64%	69,17%	80,04%	80,22%	80,04%	78,24%	80,22%
Tipo		jul-18	ago-18	sept-18	oct-18	nov-18	dic-18	ene-19	feb-19	mar-19	abr-19	may-19	jun-19	FY19	FY20	
73 Yd3		88,03%	86,90%	86,70%	84,87%	85,87%	86,90%	88,06%	86,05%	85,60%	84,99%	86,89%	84,72%	86,30%	86,41%	
Komatsu		80,13%	80,13%	74,33%	80,13%	80,04%	80,13%	80,13%	79,84%	74,61%	80,04%	80,13%	80,04%	79,14%	80,13%	

Fuente: Plan de mantenimiento 2YP Mina GGOM

Dentro de los desafíos estratégicos de la compañía, se ha encargado el foco en generación de valor a través de mejoramientos en productividad de las áreas tanto de operación como de mantenimiento, desafío considerado por la Gerencia de Mantenimiento de Equipos Semimoviles. El foco de este mejoramiento considera 2 líneas, aumentar el Tool in Hand de la mano de obra directa de mantenimiento (MEL + Contratistas), identificando aquellas actividades que no aportan valor y que son susceptibles de ser eliminadas. La otra, es mejorar los tiempos de Cambio de componentes que inciden directamente en menor requerimiento de HH y mejora en disponibilidad de equipos.

Conocer el plan quinquenal de equipos de Carguío y perforación apalancan aún más la búsqueda de mejoramiento en los ámbitos señalados ya que consideran una variación negativa en la cantidad de equipos que permite una merma de la demanda de HH de mantenimiento determinado por este número

Tabla1 Número de Equipos de Carguío para el 5YP

Palas 73 Yd3	FY19	FY20	FY21	FY22	FY23
Unidades	18	16	16	16	16
Disp.	86.1%	85.9%	86.2%	87.1%	87.5%
Utilización	48.5%	55.9%	52.9%	55.9%	55.9%
Rendimiento	8,070	8,011	8,000	8,100	8,050

PC8000	FY19	FY20
Unidades	2	2
Disp.	78.2%	78.2%
Utilización	36.7%	39.7%
Rendimiento	3,200	3,200

Fuente: Plan de mantenimiento 5YP Mina GGOM

Tabla2 Número de Equipos de Perforación para el 5YP FY19/FY20

Drill	FY19	FY20	Pre-split	FY19	FY20
Unidades	14,0	14,0	Unidades	5,0	5,0
Disponibilidad	85,5%	86,0%	Disponibilidad	75,4%	75,4%
Utilización	56,8%	59,3%	Utilizacion	49,2%	49,2%
Rendimiento	46	47	Rendimiento	38	39
Productividad	167	167	Metros	667.248	695.230
Metros	2.692.641	2.894.917	M/dia	1.828	1.900
M/dia	7.377	7.910			

Fuente: Plan de mantención 2YP Mina GGOM

CAPITULO 5: ANALISIS DE LA SITUACION ACTUAL O LINEA BASE

La primera actividad de este plan es establecer las líneas bases en la cual se propone la mejora

5.1 Levantamiento de la situación actual/ Planteamiento del problema.

Estructura.-

La Gerencia de Mantención de Equipos semimoviles está dividida en 2 Superintendencias, que corresponde a la Superintendencia de Mantención Palas y la Superintendencia de Mantención Perforadoras además de dos Superintendencias de soporte correspondiente a Planificación y Análisis y Mejoramiento. La dotación actual considera 319 personas entre personal propio y contratista, las cuales se distribuyen de la siguiente manera

Tabla3 Dotación para el FY18 GMESM

Gerencia	Superintendencia	FY18						Subtotal	Total
		Executive	Seniors	Staff	L	Grad			
Maintenance Semi Mobile Equipment	Maintenance Semi Mobile Equipment	1					1	319	
	Maintenance Drills	1	2	4	56		63		
	Maintenance Planning	1		15	12	1	29		
	Maintenance Shovels	1	4	16	166		187		
	Maintenance Reliability & Improvement	1		11	16	1	29		
	Cttas				10		10		
Total Production		5	6	46	260	2	319	319	

Executive: Gerente y Superintendentes; *Seniors:* Ingenieros Senior a cargo de Turno; *Staff:* Ingenieros y Supervisores; *Nivel L:* Mantenedores de palas y perforadoras; *Grad:* Graduados

Fuente: Budget FY18 para la GMESM de MEL

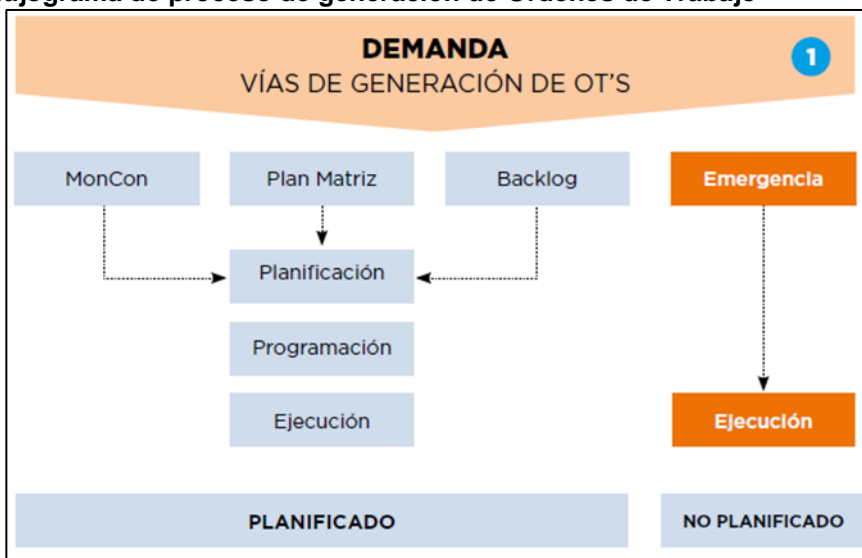
Los trabajos de mantenimiento se realizan de acuerdo a una estrategia analizada y construida en base a requerimientos operacionales e información de fabricante de equipos, que considera actividades codificadas de la siguiente manera;

PM01: Actividades que se generan por requerimiento de trabajo de inspecciones y pautas de mantención (Backlog)

PM02: Actividades de mantenimiento de acuerdo a Estrategia de Mantenimiento

PM03: Actividades imprevistas realizadas en fallas de equipos o imprevistos dentro del mantenimiento regular.

Ilustración 8 Flujograma de proceso de generación de Órdenes de Trabajo



Fuente: Presentación Interna de la GMESM Capacitación.

Estas actividades son administradas bajo el sistema 1SAP, que considera códigos asignados a los puestos de trabajo de mantenedores, dependiendo de la actividad y superintendencia. Estos se detallan a continuación.

Tabla 4 Puestos de trabajo de mantenedores en sistema 1SAP

Palas		Perforadoras	
Puesto de Trabajo	Descripcion	Puesto de Trabajo	Descripcion
MN04-M01	Mecanicos Palas	MN01-A01	Aire Acondicionado
MN03-E01	Electricos Palas	MN01-E01	Electricos
MN04-W01	Soldadores Palas	MN01-E03	LlamadoElectrico
MN03-E01	Aire Acondicionado	MN01-I01	Sistema Contra incendio
MN03-D01	Moncon Electrico	MN01-D01	Moncon Mecanico
MN03-I01	Sistema Contra incendio	MN01-M02	Mecanicos
MN04-D01	Moncon Mecanico	MN01-M03	Llamado Mecanico
MN04-M02	Llamado Mecanico	MN01-W01	Soldadores

Fuente: Elaboración Propia.

Balance de Requerimiento de trabajo vs Oferta

La estrategia actual de mantenimiento de Palas y Perforadoras considera una demanda contante de HH para los valores de disponibilidad comprometidos. Lo anterior se desprende de la siguiente manera

Tabla 5 Demanda de HH para efectuar la estrategia de Mantenición

FY18				
	PALAS*	PERFORADORAS*	% Palas	% Perfos
PM01(HH)	99.566	19.258	51,5%	33,9%
PM02 (HH)	74.386	31.166	38,5%	54,8%
PM03 (HH)	19.470	6.405	10,1%	11,3%
Total(HH)	193.422	56.829	100,0%	100,0%

Nota: Las HH de palas y perforadoras incluyen Cambio de componentes (85% palas y 15% perforadoras)

Fuente: Elaboración Propia.

La tabla anterior considera HH efectivas, por lo cual se debe corregir estas en base a 12 hrs. de trabajo disponible y 8 hrs. efectivas de trabajo que son las que se programan por el área de Planificación. Además, se incluyen actividades de soporte que no están capturadas en la estrategia de mantenimiento, las cuales se estiman en 30.000 hh para Palas y 9.000 hh para Perforadoras anuales. De lo anterior se desprende la demanda corregida efectiva

Tabla 6 Demanda de HH para efectuar la estrategia de Mantenición corregida

FY18		
	PALAS*	PERFORADORAS*
PM01(HH)	149.349	28.887
PM02 (HH)	111.579	46.749
PM03 (HH)	29.205	9.607
Act Soporte	30.000	9.000
Total(HH)	320.133	94.243

Fuente: Elaboración Propia.

Cambio de Componentes Mayores.-

Las HH requeridas para realizar las actividades de cambio de componentes mayores, está contenida dentro de las HH demandadas en las PM02 señaladas en la tabla anterior. Estos son administrados a través del sistema 1SAP y su target de cambio corresponde a horas de Vida Útil y para el caso de los Baldes y Cables a través de toneladas movidas, la cual se considera dentro del plan de mantenimiento. Este seguimiento se realiza a través de contadores contenidos en el sistema de administración de mantenimiento.

Ilustración 9 Planillas de seguimiento toneladas cargadas Cables y Baldes

REPORTE CABLES PALAS								22-11-2018
Equipo	Sector Pala	Posicion	SC Cable	Fecha Instalacion	Ton Actual	Ton Pendientes	Dias Pendientes	Próximo Cambio
SV063 PRODINSA	E. Norte	Lev. Der.	10385041	27-09-2018	1.254.241	1.245.759	25	16-12-2018
		Lev. Izq.	10385041	27-09-2018	1.254.241	1.245.759	25	16-12-2018
		Empuje	10385036	27-09-2018	1.254.241	1.245.759	25	16-12-2018
		Recoge	10385036	27-09-2018	1.254.241	1.245.759	25	16-12-2018
SV065 BRIDON	Escondida	Lev. Der.	11029545	15-11-2018	432.953	4.067.047	39	30-12-2018
Lev. Izq.		11029545	15-11-2018	432.953	4.067.047	39	30-12-2018	
SV066 BRIDON	Escondida	Lev. Der.	11029545	06-11-2018	1.010.138	3.489.862	39	30-12-2018
Lev. Izq.		11029545	06-11-2018	1.010.138	3.489.862	39	30-12-2018	
SV067 BRIDON	Escondida	Lev. Der.	11029545	05-11-2018	1.082.245	3.417.755	34	26-12-2018
Lev. Izq.		11029545	05-11-2018	1.082.245	3.417.755	34	26-12-2018	
SV069 BRIDON	Escondida	Lev. Der.	11029545	30-10-2018	4.178.342	321.658	4	25-11-2018
Lev. Izq.		11029545	30-10-2018	4.178.342	321.658	4	25-11-2018	
SV070 BRIDON	E. Norte	Lev. Der.	11029545	14-11-2018	719.194	3.780.806	32	23-12-2018
Lev. Izq.		11029545	14-11-2018	719.194	3.780.806	32	23-12-2018	

REPORTE BALDES PALAS								
Equipo	BALDE	GET	SC BALDE	Fecha Instalacion	Toneladas Actuales	Ton Pendientes	Dias Pendientes	Próximo Cambio
SV063	5-A	Elecmetal /SV2	10390659	05-oct-16	13.416.003	8.583.997	172	12-05-2019
SV065	4-C	Berkeley	10490399	07-jun-18	14.866.986	7.133.014	68	28-01-2019
SV066	8-C	Berkeley	10490399	15-nov-18	411.171	21.588.829	240	19-07-2019
SV067	2-C	Berkeley	10490399	30-sep-18	17.483.839	4.516.161	45	06-01-2019
SV069	1-C	Berkeley	10490399	21-oct-17	4.178.342	17.821.658	210	19-06-2019
SV070	6-C	Berkeley	10490399	09-ago-18	12.066.247	9.933.753	83	12-02-2019
SV068	1-D	Elecmetal /SV2	10485087	23-feb-18	14.968.413	7.031.587	94	23-02-2019
SV071	4-D	Elecmetal /SV2	10485088	06-ago-18	8.513.868	13.486.132	150	20-04-2019
SV072	8-D	Elecmetal /SV2	10485088	27-ago-18	6.519.319	15.480.681	194	03-06-2019
SV073	13-D	Elecmetal /SV2	10485088	09-sep-18	7.169.992	14.830.008	148	19-04-2019

Fuente: Documentos de uso Superintendencia Planificación GMESM.

Actualmente este cambio de componente se realiza de forma interna, estrategia adoptada desde el año 2014 a través de caso de negocio de internalización. Dado esta relevancia en la demanda, importante es contemplar mejoramiento en el estándar de duración de estos cambios, aplicando metodología lean (la idea es identificar aquellas actividades que no aportan valor al mantenimiento y que son susceptibles de ser eliminadas) y mejoramiento tecnológico, además de estandarizar las actividades para todos los turnos lo que se traducirá en menor tiempo detenido del equipo (aumento de disponibilidad) y menor requerimiento de HH.

Para este estudio, se propone considerar la actividad de cambio de balde que por frecuencia y requerimiento de HH corresponden una captura importante de beneficio

- Cambio de balde Tiempo Actual: 24 horas
- Cambio Transmisión Hoist Tiempo Actual: 10 días

5.2 Análisis de Datos

Medición Tool in Hand

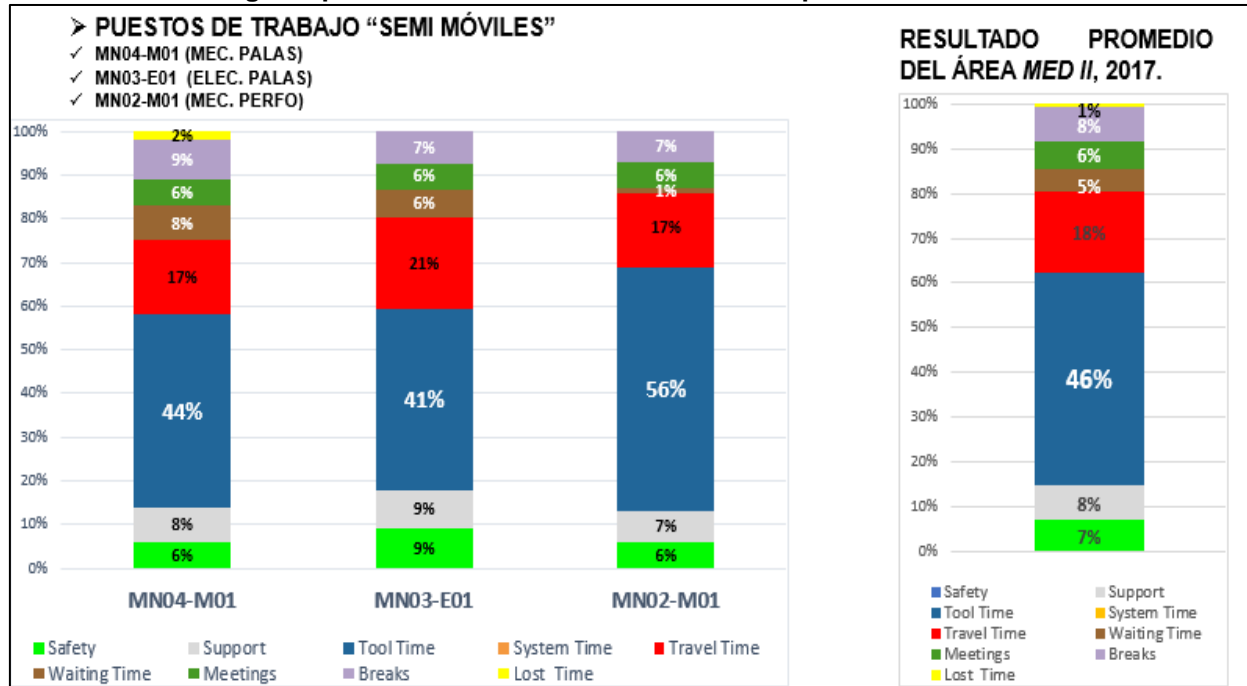
Durante los 2 últimos años se ha realizado mediciones a los puestos de trabajo MN04-M01 (MEC. PALAS) y MN02-M01 (MEC. PERFO) los cuales son los más representativos para establecer una línea base del tiempo efectivo con herramienta en mano de la dotación total de mantenedores (nivel L) de la Gerencia de Mantenimiento de Equipos Semimoviles. De lo anterior se desprende el siguiente resultado

Tabla 7 Resumen de Mediciones de TIH últimos 2 años

ÁREA	PUESTO DE TRABAJO	TOOL TIME		PROMEDIO PUESTO	PROMEDIO ÁREA
		Medicion1	Medicion2		
SEMIMOVILES	MN04-M01(MEC. PALAS)	48%	44%	46%	46%
	MN02-M01(MEC. PERFO)	43%	56%	50%	
	MN03-E01 (ELEC. PALAS)		41%	41%	

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 10 Desglose por variables de clasificación de Tiempo



Fuente: Informe resultados medición de TIH en la GMESM.

De acuerdo a los resultados anteriores, existe una posibilidad de mejoramiento en el valor de Tool in Hand actual de la Gerencia, considerando los valores benchmark de la industria similar, como por ejemplo de talleres y planta.

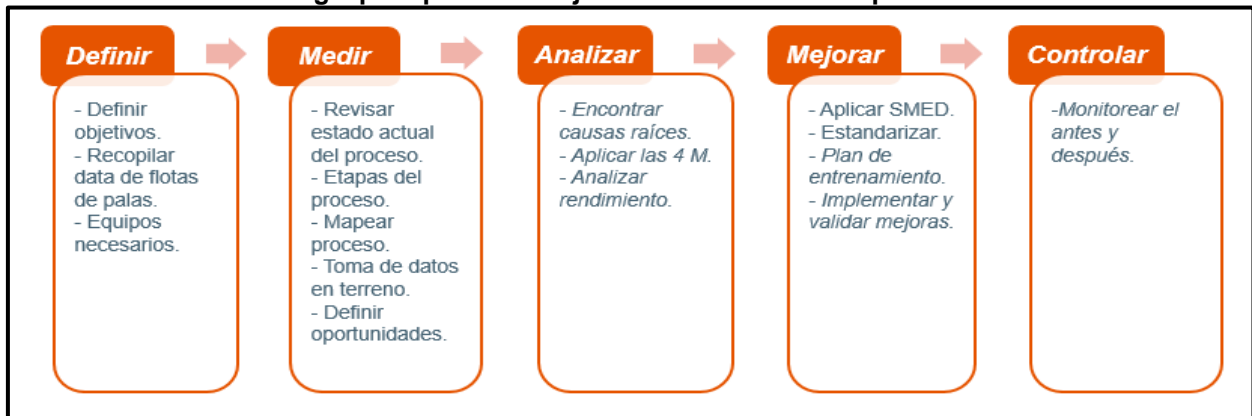
Cambio Componentes

Cambio Balde.-

Actualmente el cambio de balde de palas hace que su disponibilidad se vea afectada por 24 horas, tiempo que está incluido en la estrategia actual de mantenimiento. Poder disminuir este tiempo generara mayor disponibilidad en la flota de carguío y disminución del requerimiento de HH. Por lo anterior es necesario estandarizar el proceso de cambio de balde y reducir el tiempo de su ejecución.

Se propone la siguiente metodología

Ilustración 11 Metodología para proceso mejoramiento cambio componentes



Fuente: Elaboración Propia

Considerando los cambios realizados desde el FY17 al FY19 alojados en 37 órdenes de trabajo, se desprende el número de cambios de baldes realizados

Ilustración 12 Resumen de Cambios de Balde FY17 al FY19

	Pala	N° de cambios	Total de cambios por flota
P&H (XPB)	SV065	2	11
	SV066	3	
	SV067	2	
	SV069	2	
	SV070	2	
P&H (XPC)	SV078	4	10
	SV079	3	
	SV092	3	
Bucyrus (HR)	SV068	1	16
	SV071	2	
	SV072	1	
	SV073	3	
	SV074	2	
	SV075	2	
	SV076	2	
SV077	3		

Fuente: Elaboración Propia

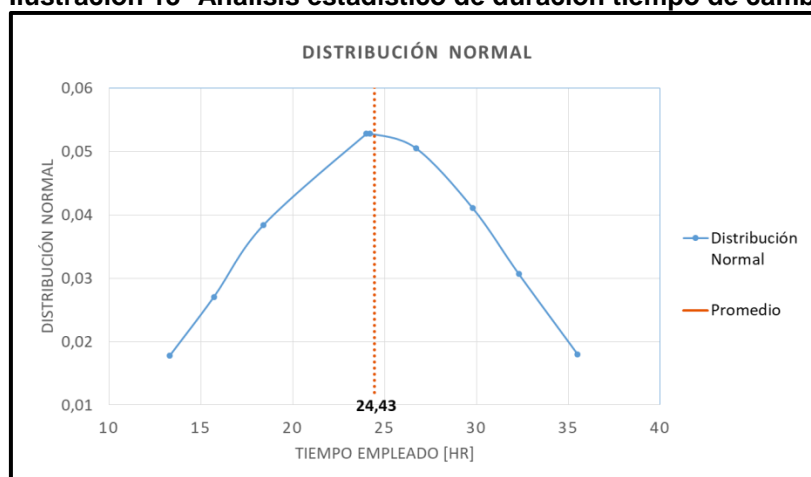
De una muestra aleatoria de 9 órdenes de trabajo de cambio de baldes, se desprende que la duración menor fue de 13,3 horas realizadas por 1 turno de trabajo. Sin embargo, en promedio, la duración corresponde a 24,4 hrs. con una desviación estándar de 7,5 hrs.

Tabla 8 Resumen de tiempo de duración de Cambio de Baldes

Pala	Fecha	Duración	Distr. Normal	Turno	Costo [USD]
SV066	15-11-2018	13,3	0,017794972	M1	\$ 800.000
SV092	21-10-2018	15,7	0,027056667	M1	\$ 800.000
SV066	03-02-2017	18,4	0,038409919	N2	\$ 800.000
SV074	16-03-2018	24	0,052802725	N1	\$ 800.000
SV068	22-02-2018	24,2	0,052864633	M2	\$ 800.000
SV076	19-08-2017	26,7	0,050554988	N2	\$ 800.000
SV079	18-12-2016	29,8	0,041062916	M1	\$ 800.000
SV070	08-08-2018	32,3	0,030703148	M2	\$ 800.000
SV069	21-10-2017	35,5	0,018027933	M1	\$ 800.000

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 13 Análisis estadístico de duración tiempo de cambios de balde



Promedio [Hr]	24,4
Desv. Estándar [Hr]	7,5

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo al procedimiento de trabajo se realiza cartilla de medición que considera las actividades necesarias para realizar el cambio de balde. Se aplica esta medición a 2 turnos diferentes

Ilustración 14 Distribución de Tiempos por actividad para Cambio Balde

Descripción de actividad	Tiempo (horas)	Carta de los tiempos de Actividad
ACTIVIDADES PREVIAS	0	0
Toma S	0,33	0,33
Completar IS	0,33	0,33
POSICIONAR	0	0
Delimitación del área del trabajo de Mantenimiento	0,66	0,66
Apoyar balde en el piso	0,08	0,08
Demarcar contorno en el suelo	0,16	0,16
Levantar balde a 1,5 a 2 metros	0,08	0,08
Girar pala 180°	0,08	0,08
Apoyar balde en el piso	0,08	0,08
Avanzar 10 metros	0,16	0,16
Retirar cables de levante	1	1

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a los resultados se detectan las siguientes actividades como potenciales para reducir los tiempos de ejecución, buscando metodologías de trabajo diferentes.

Ilustración 15 Lista de actividades potenciales a reducir en tiempo

Actividad	Duración [Hr]
Retirar cables de levante	1,0
Retirar pasadores y seguros	
- Torchar golillas de seguro	1,5
- Instalar estrobos en el mango para su retiro	1,0
- Retirar pasadores	1,0
Instalar nuevo balde en mango	
- Instalar tirantes cortos	1,5
Instalar collarines y soldar	1,5
Instalar cables de levante	1,0
Instalar cable Dipper Trip	0,75

Fuente: Elaboración Propia

Cambio Transmisión Hoist.-

Actualmente el cambio de transmisión Hoist se realiza en 10 días. Para la flota total de palas electromecánicas, este mejoramiento se aplicará a palas Modelos 495 HR como primera etapa, cubiertas en la estrategia actual de mantenimiento, pero dado los últimos imprevistos por falla catastrófica, constituye un mayor foco con el fin de minimizar el impacto y requerimiento de HH de estas detenciones.

Se realizan mediciones en terreno corroborando el actual tiempo de cambio contenido en la estrategia. Se presenta en la siguiente tabla

Tabla 9 Tabla ejemplo medición terreno tiempos cambio Transmisión Hoist

Cambio de Transmisión Hoist Pala HR			
Equipo:			
Observado por: Ingeniero Terreno			
Secuencia	Descripción de actividad	Tiempo (horas)	Tiempo Acumulado
60	Liberar grúa y retirar del lugar	1	130,5
61	Desbloquear equipo.	0,5	131
62	Probar transmisión Hoist en vacío.	1	132
63	Bloquear equipo.	0,5	132,5
64	enrollar cables de levante en tambor.	1	133,5
65	Desbloquear equipo.	1	134,5
66	Probar equipo y entregar	1	134,5
67	Cambio de enfriador Hoist	18	152,5
Total días			9,5

Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO 6: ANALISIS DE BENCHMARK

6.1 Benchmark

Poder compararse con industrias similares nacionales e internacionales, constituye el primer paso para buscar la mejora continua, explorando las mejores prácticas y su aplicación a los procesos propios.

Para nuestro caso, si bien existe información sobre la productividad laboral según el volumen de material movido, determinado por Ton/FTE; Al revisar información sobre benchmark de productividad de mantenimiento en áreas de soporte de terreno enmarcada en medición de TIH, no existe información normalizada ya que no se aplica una metodología común que permita comparar distintas faenas. Además, la distribución física de los rajes, la distancia de las instalaciones vs la ubicación de los equipos al interior mina determinan condiciones diferentes que podrían generar variaciones importantes en los valores consolidados. Sin embargo, tal como se señaló en capítulo anterior, están en valores cercanos de TIH de 50% a 52% para labores de mantención al interior de la mina, se considera valores aceptables.

Para el caso particular de este análisis, se considera de mayor importancia capturar el beneficio del mejoramiento de este indicador, considerando las mediciones de TIH de dos años anteriores realizadas con las mismas metodologías en las áreas de Mantención de Equipos Semimoviles.

Para el caso de los cambios de componentes analizados, de acuerdo información recopilada de otras mineras y del propio representante de la marca, considerando el mismo modelo de pala se desprende la siguiente información

Tabla 10 Resumen Benchmark Externo Cambio Componentes

Compañía	Cambio de Balde (hrs)	Cambio Transmision Hoist (días)
Minera Escondida	24	10
Minera Spence	24	n/a
Minera Collahuasi	24	11
Finning (Servicios Externos)	30	14

Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO 7: IDENTIFICACION DE BRECHAS

7.1 Análisis Situación actual/Cuantificación

Oferta de HH

La estructura actual de la Gerencia de mantención de Equipos Semimoviles, presenta una oferta establecida de HH con un valor de Tool in hand medido y validado durante los últimos 2 años correspondiente a 46%. Para el cálculo de esta Oferta se considera las siguientes restricciones

Total HH mensual	180 hrs
Tiempo efectivo disponible	8 hrs
Ausentismo promedio	13,6%

Para el caso del ausentismo, este valor considera la ausencia de mantenedores por vacaciones, licencias médicas y otros ausentismos de acuerdo a convenio colectivo existente.

Actualmente los roles ejecutores son 197 mantenedores (MEL + Contratista) para la Superintendencia de Palas y 63 mantenedores para la Superintendencia de Perforadoras. Dada esta estructura las HH disponibles corresponden a

	Palas	Perforadoras
Oferta MEL HH	347.121	119.439
Oferta Ctta HH	18.662	-
Total Oferta HH	365.783	119.439

Considerando un valor de Tool in hand de 46% promedio medido, se estiman las HH efectivas que la oferta óptima actúa sobre los equipos

OFERTA HH TIH @ 46%	168.260	54.942
---------------------	---------	--------

7.2 Análisis Situación con Plan de Mejoramiento

De acuerdo a lo expuesto en el capítulo 5 y 6, las mediciones de TIH demostraron que aún existe una brecha respecto a industrias similares y una oportunidad real de mejorar productividad en su dotación.

Si consideramos un mejoramiento en el valor de TIH a @ 50% (valor considerado como aceptable y alcanzable dentro de la industria similar) sobre las HH efectivas optimas, se determina bajo un TIH dado cuanto debería ser la oferta optima

	Palas	Perforadoras
Oferta HH @ TIH 50% MEL	319.351	109.884
Oferta HH @ TIH 50% Ctta	17.169	-
Oferta HH @ TIH 50% Total	336.520	109.884

De lo anterior, con esta nueva estimación podemos calcular la oferta óptima con TIH mejorado, obteniendo la dotación requerida

	Palas	Perforadoras
Dotación optimizada MEL	170	59
Dotación optimizada Ctta	9	0
Dotación optimizada Total	179	59

De acuerdo a análisis anterior y en resumen, considerar una mejora de TIH de 46% a 50% podría generar un beneficio potencial en la necesidad de FTE (Propia o Ctta) para la estrategia de mantenimiento en la Gerencia de Equipos Semimoviles de acuerdo a lo siguiente tabla

Tabla 11 Resumen de FTE de análisis de mejoramiento TIH 46% a 50%

Superintendencia	Dotacion TIH @ 46%	Dotacion TIH @ 50%	Diferencia
Palas	196	179	17
Perforadoras	64	59	5
		Total	22

Fuente: Elaboración Propia

Por lo anterior, se puede establecer que proponer un plan de mejoramiento que permita incrementar el indicador de TIH en 4 puntos porcentuales (de 46% a 50%), podría generar un beneficio directo de prescindir en las estrategias actuales de mantenimiento de Palas y Perforadoras de 22 FTE o Utilizar esta fuerza laboral en otras actividades como por ejemplo, absorber contrato actual de mantención realizado por contratistas

CAPITULO 8: EVALUACION ECONOMICA Y BENEFICIOS DEL PROYECTO

8.1 Cuantificación de la propuesta

Mejoramiento en el TIH.-

De acuerdo a lo analizado en capítulo anterior, poder implementar mejoramientos que permitan aumentar en el TIH de mantenedores de la Gerencia de Mantenimiento Equipos Semimoviles en 4 puntos porcentuales, implica una disminución directa en el costo mina de la compañía dado por la disminución de personal directo de mantención (FTE), además de una mejora en la productividad parcial mina representada por las Kton movidas por FTE. Lo anterior basado en que con menos recursos se podría efectuar las actividades necesarias de mantenimiento de la flota de Palas y Perforadoras que garanticen la integridad del activo, permitiendo el movimiento de las Kton de materiales requeridos en el plan minero

Estructura de Costos.-

La propuesta de disminución de FTE, afecta directamente a los costos de perforación (Drilling) y Carguío (Loading) para la GGOM, que dentro de su estructura actual contempla el ítem Labour, que es en donde están asociados todos los costos directos del personal propio, donde se encuentra la estructura de mantenedores y operadores, tal como se muestra en la siguiente figura.

Ilustración 16 Estructura de Costos Mina de la GGOM US\$/ton

<i>Estructura de Costos: Carguío y Perforación</i>		Estructura Costo Mina US\$/t		
Drilling		Process	Und	Budget
US\$K	Act			
+ Labour	US\$K	+ Drilling	US\$M	
+ Cont. Mant.	US\$K	+ Blasting	US\$M	
+ Consumables	US\$K	+ Loading	US\$M	
+ Diesel	US\$K	+ Hauling	US\$M	
+ Explosives	US\$K	+ EEAA	US\$M	
+ Other	US\$K	+ Overhead	US\$M	
= Total	US\$K	= Mina	US\$M	
		= Mina	Mton	
Loading		+ Crusher S	US\$M	
US\$K	Act	+ Crusher DX	Mton	
+ Labour	US\$K	= Crusher	US\$M	
+ Contractor	US\$K	= Crusher	Mton	
+ Cont. Mant.	US\$K	+ Drilling	US\$/t	
+ Consumables	US\$K	+ Blasting	US\$/t	
+ Mat. Mant.	US\$K	+ Loading	US\$/t	
+ Diesel	US\$K	+ Hauling	US\$/t	
+ Power	US\$K	+ EEAA	US\$/t	
+ Lub.	US\$K	+ Overhead	US\$/t	
+ Other	US\$K	= Mina	US\$/t	
= Total	US\$K			
+ Bodega	US\$K			
= Total	US\$K			

Fuente: Elaboración Propia

Consideraciones.-

El costo de 1 FTE estándar para evaluación de Casos de negocio para la Gerencia General de Operaciones Mina es de US\$120.000 al año, el cual incluye remuneración (Fija + Variable promedio), Catering, transporte y capacitación a un valor del dólar compañía para el FY19 que es el periodo donde se realiza el análisis de \$670.

Actualmente la dotación total de operadores y mantenedores en la Gerencia General Mina es de 2.130 personas con un promedio de años de servicio de 9 años dado los últimos planes de retiro efectuados por la compañía. Para el análisis económico consideraremos un promedio de 9 años de servicio para cálculo de indemnizaciones. Se considera una disminución real de 22 FTE.

Costos de Implementación.-

Esta estrategia de mejoramiento considera algunos costos de inversión inicial, dado por los mejoramientos propuestos en TIH y Cambio de Componentes mayores, los cuales se detallan a continuación

Tabla 12 Detalle inversión inicial para implementación Mejoramientos

Items	US\$
Equipamiento Computacional	\$ 5.970
Compra Herramientas especiales	\$ 300.000
Implementación Carros Herramientas Especiales	\$ 74.627
Señalética y Modelaciones	\$ 14.925
Cursos Tecnicos	\$ 298.507
Total	\$ 694.030

Fuente: Elaboración Propia

Además, se considera por conceptos de reposición de herramientas especiales, calibración y cursos un total anual de US\$150.000.

De acuerdo a las consideraciones señaladas, se evalúa ambas alternativas (con y sin proyecto) a través del Valor Actual Neto (VAN) con una tasa de descuento de 8,16% (tasa para evaluar proyectos similares en MEL) y un periodo de evaluación de 6 años.

- a) Caso base sin implementación de proyecto de mejoramiento. Para este caso se mantiene la dotación actual de 2.130 mantenedores y operadores.

Tabla 13 Flujo de costos para caso base sin mejoramiento

<i>Analisis SIN proyecto</i>		FY19	FY20	FY21	FY22	FY23	FY24	FY25
Dotación Mina	#		2.130	2130	2130	2130	2130	2130
Costo FTE	USD		120.000	120.000	120.000	120.000	120.000	120.000
Costo Total FTE Mina (Labour)	USD		255.600.000	255.600.000	255.600.000	255.600.000	255.600.000	255.600.000
VAN s/proyecto USD	1.175.894.536							
Tasa	8,16%							

Fuente: Elaboración Propia

- b) Caso con implementación de la propuesta. Este considera la inversión inicial de USD\$694.030 y costo anual de mantención de USD\$150.000. Para este caso de reducen en 22 FTE la dotación de mantenedores.

Tabla 14 Flujo de costos para caso base con mejoramiento

<i>Analisis CON proyecto</i>		FY19	FY20	FY21	FY22	FY23	FY24	FY25
Dotación Mina	#		2.108	2.108	2.108	2.108	2.108	2.108
Costo FTE	USD		120.000	120.000	120.000	120.000	120.000	120.000
Indemnización	USD		1.980.000	0	0	0	0	0
Costo Implementación	USD	694.030	150.000	150.000	150.000	150.000	150.000	150.000
Costo Total FTE Mina (Labour)	USD	694.030	255.634.030	253.110.000	253.110.000	253.110.000	253.110.000	253.110.000
VAN C/proyecto USD	1.166.078.803							
Tasa	8,16%							

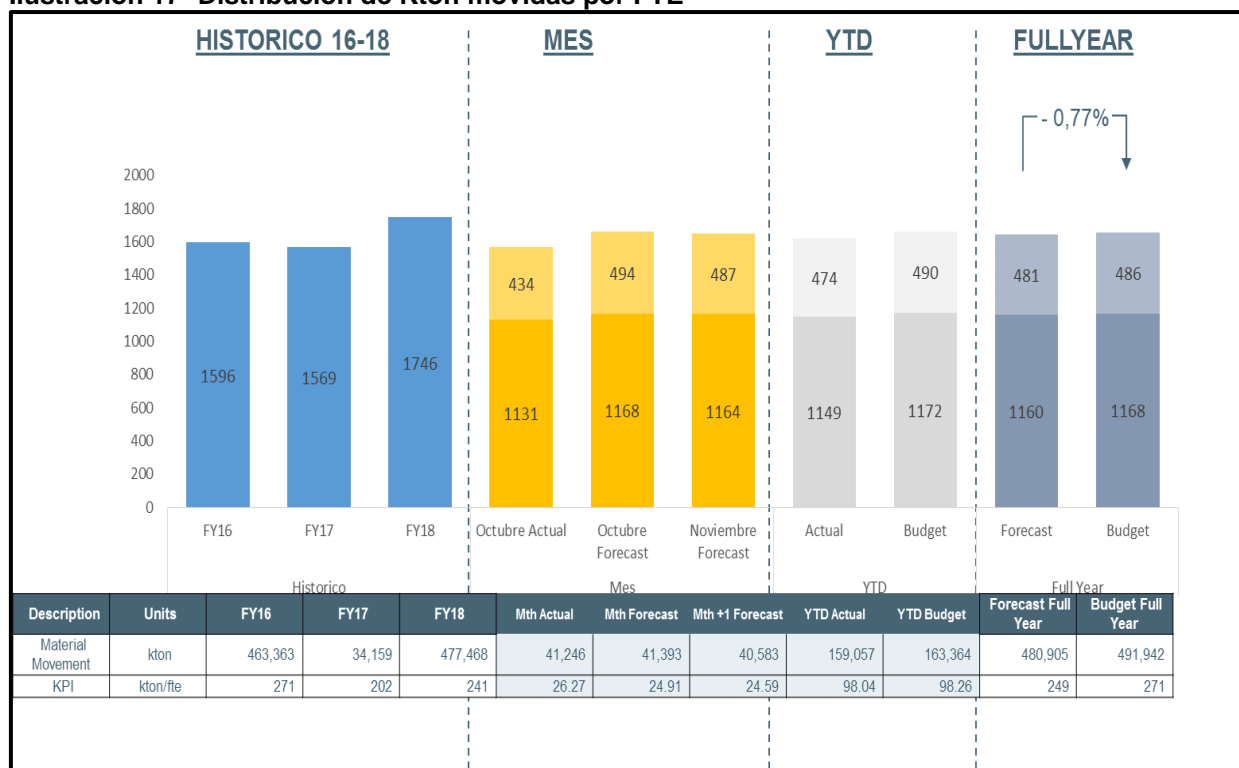
Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a análisis el **Delta VAN** de ambas propuestas o casos, la implementación disminuye el costo a VAN de costos en **USD\$ 9.815.733** en un horizonte de evaluación de 6 años a una tasa de 8,16%.

Aumento de Productividad Mina

Dentro de los KPI de la Gerencia de Operaciones Mina están las Kton movidas por FTE, este indicador es mensualmente medido con el fin de garantizar su cumplimiento como meta anual. Para los próximos 5 años el target fluctúa en 250 Kton/FTE que es un valor competitivo a nivel internacional, por lo cual cualquier iniciativa que busque un mejoramiento en este indicador, está considerada como un proyecto alineado a la estrategia de la compañía. La disminución de FTE planteada en el plan de mejoramiento, impacta de forma directa a este indicador en 22 FTE.

Ilustración 17 Distribución de Kton movidas por FTE



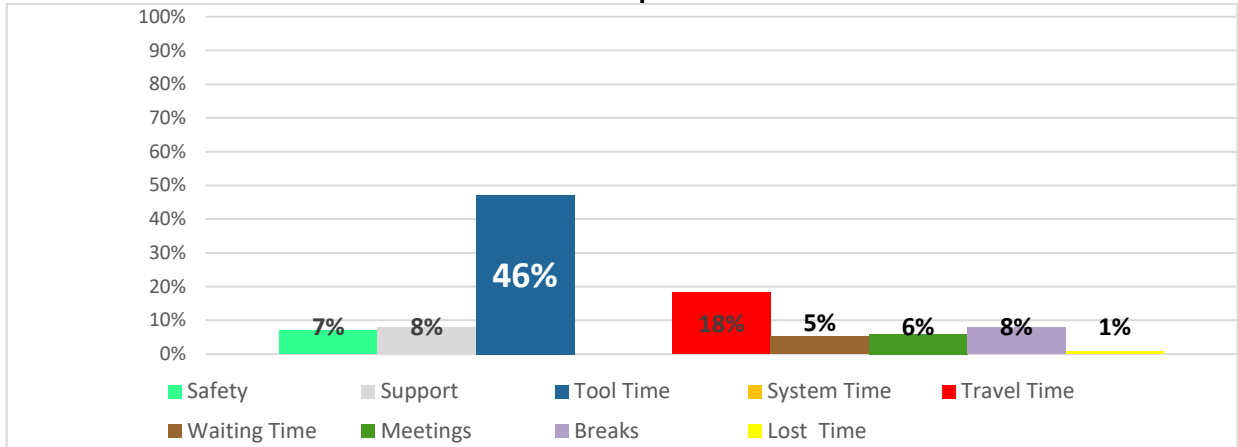
Fuente: Presentación Reunión mensual Performance GGOM

CAPITULO 9: PLAN DE IMPLEMENTACION

9.1 Análisis de variables a intervenir

Tal como se señaló, en base al análisis realizado, el beneficio en productividad si mejoramos en 4 puntos porcentuales el indicador de TIH en la GMESM corresponde a disminuir en 22 FTE directas. Este porcentaje, debemos analizar de donde se requerirá menos esfuerzo y con la mayor cantidad de impacto posible. En el análisis detallado de las mediciones realizadas, se desglosan las siguientes variables.

Ilustración 18 Resumen de medición de variables para TIH en GMESM



Fuente: Informe resultados medición de TIH en la GMESM.

Las variables que presentan brechas de acuerdo a análisis corresponden a *travel time*, *Waiting Time* y *Lost Time* pudiendo generar los puntos porcentuales necesarios, considerando que son controlables mediante estrategias simples y metodologías existentes.

Travel Time.-

La mayor demanda de tiempo para esta variable de acuerdo a medición, son las siguientes actividades:

Traslado Desde/Hacia Distintos Trabajos Promedio 56min/día

Traslado Desde/Hacia Sector de Alimentación Promedio 57min/día.

Ilustración 19 Desglose de actividades para la variable Travel Time



Fuente: Informe resultados medición de TIH en la GMESM.

Waiting Time.-

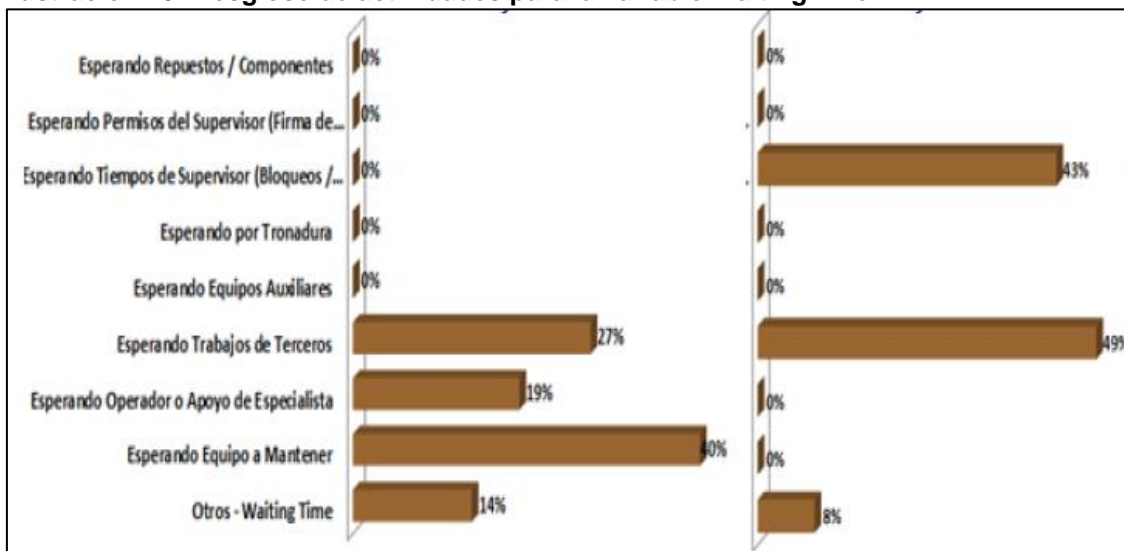
Los ítems más relevantes de tiempo para la variable Waiting Time son las siguientes actividades:

Esperando Tiempos de Supervisor (Bloqueos/Instrucciones) Promedio 14min/día.

Esperando Trabajos de Terceros Promedio 28,2 min/día.

Otros Waiting Time Promedio 6,25 min/día

Ilustración 20 Desglose de actividades para la variable WaitingTime



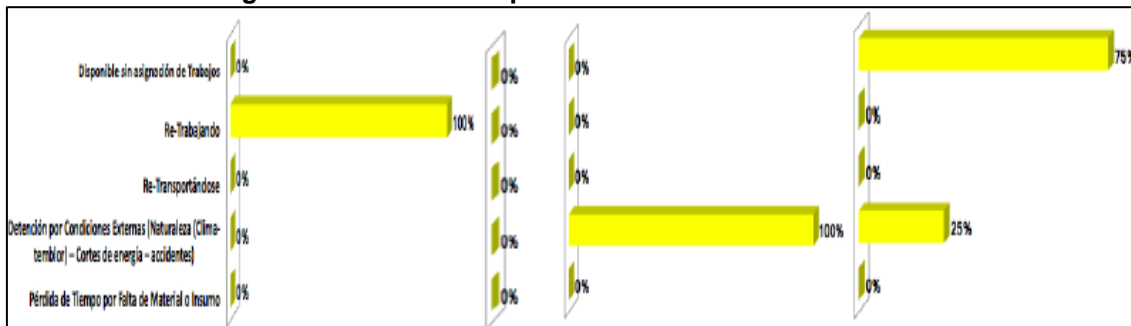
Fuente: Informe resultados medición de TIH en la GMESM.

Nota: El total de esperas en día promedio es de 54 min, representando un 7,5% del día /noche

Lost Time.-

Para esta variable la más representativa corresponde a; Disponible sin asignación de trabajo del período de medición (205min)

Ilustración 21 Desglose de actividades para la variable Lost Time



Fuente: Informe resultados medición de TIH en la GMESM.

9.2 Plan de Mejoramiento

9.2.1 Mejoramiento aplicado a mantenimiento Regular

Una vez determinada las variables que presentan brechas, es importante proponer acciones de mejoramiento simples que aprovechen las condiciones existentes actualmente dentro de la faena y que estén alineados a las reglamentaciones sindicales con el fin de no generar problemas internos dentro de la organización

De acuerdo a lo anterior, se propone un plan de trabajo para cada una de las acciones señaladas dentro de las 3 variables expuestas

Tabla 15 Plan de trabajo para mejoramiento propuesto

Brecha	Plan de Mejoramiento
Disponible sin asignación de trabajo	<ul style="list-style-type: none">• Optimizar la distribución de la carga de trabajo diaria.• Apoyo con procedimientos técnicos para la ejecución de trabajos y planificación eficiente.
Esperando Tiempos de Supervisor (bloqueo/Instrucciones)	<ul style="list-style-type: none">• Priorizar actividades que impliquen firmas, instrucciones o bloqueos para estos trabajos al inicio de turno.
Waiting Time-Otros	<ul style="list-style-type: none">• Respetar el horario de término/inicio de reuniones de entrada/salida de cada turno.• Estandarizar estructura de reunión de inicio turno, con tiempo determinado para cada ítem
Traslado desde/hacia sectores de alimentación	<ul style="list-style-type: none">• Llevar/Establecer comedor móvil en/cerca del área de mantenimiento de equipos en terreno.
Traslado Desde / Hacia Áreas de descanso a Lugar de Trabajo.	<ul style="list-style-type: none">• Que los mantenedores esperen a lo más 5 min antes de comenzar el traslado hacia campamento
Traslados hacia/desde pañol	<ul style="list-style-type: none">• Mejorar las actividades de planificación/programación y preparación del trabajo.
Actividades redundantes en cambio de componentes	Identificar actividades de cambio de componentes y aplicar Metodología SMED para mejorar tiempo de cambio de componentes
Sumatoria de tiempos asociados a la variable Waiting Time (Esperando Repuestos/Componentes, Equipos Auxiliares, Trabajos de Terceros y Operador o Apoyo de Especialista)	Planificación/Programación y Ejecución en terreno debe apuntar a la optimización de estos recursos para su uso eficiente

Fuente: Elaboración Propia.

9.2.2 Mejoramiento Aplicado a Cambio de Componentes Mayores

Dentro de las metodologías Lean expuestas, se decide aplicar metodología SMED al cambio de balde. Esta metodología como elemento principal, contiene la identificación de actividades externas e internas. Es por ello que se buscó identificar las oportunidades

9.2.2.1 Aplicación de Metodología SMED a Cambio de Balde.

En base a las mediciones realizadas a 2 turnos y comparar ambas datas con sus actividades, se desprende

- a) Se identifican las siguientes actividades que pueden ser realizadas mientras la pala está operando

Preparación.-

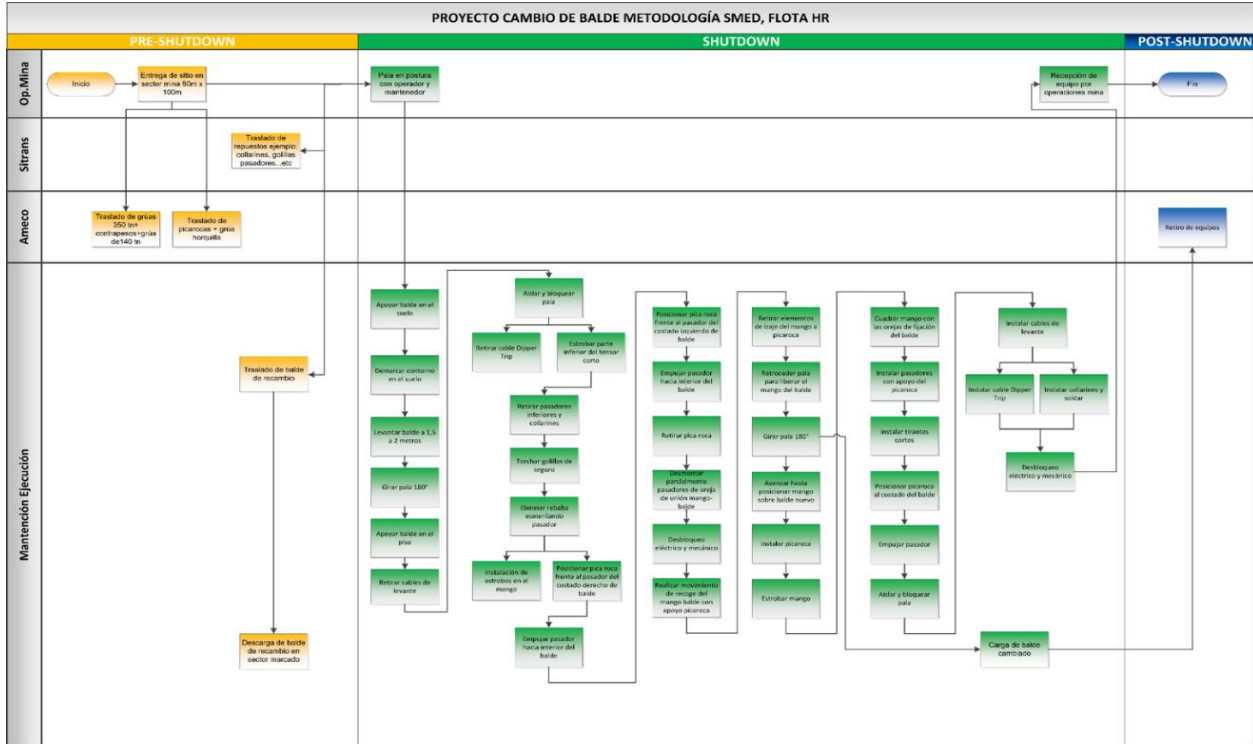
- La entrega del sitio en la mina para realizar el cambio de balde por parte de la Gerencia de Operaciones Mina.
- Traslado de los repuestos.
- Traslado de las grúas y pica rocas.
- Traslado del balde de recambio y su descarga.
- Traslado de todos los equipos y herramientas necesarias de Mantención Ejecución.

Posterior.-

- Retiro de Equipos del sector
- b) Organizar las actividades externas de tal manera que todas estas deben estar finalizadas al momento de detener la pala, para comenzar con el cambio de balde.
- En primer lugar, se debe completar la entrega del sitio en sector mina.
 - Luego Ameco debe realizar el traslado de las grúas (140 y 350 ton) y el pica rocas.
 - En conjunto Empresa de transporte (Sitrans) debe realizar el traslado de los repuestos (collarines, golillas, pasadores, etc.).
 - En paralelo se debe trasladar el nuevo balde y realizar su descarga en el sitio.
- c) Coordinar actividades internas paralelas con el fin de disminuir el tiempo de ejecución.

De la aplicación de esta metodología se desprende la siguiente secuencia, con la clasificación de etapas; antes de la detención (Pre Shutdown), durante la detención (Shutdown) y posterior a la detención (post Shutdown)

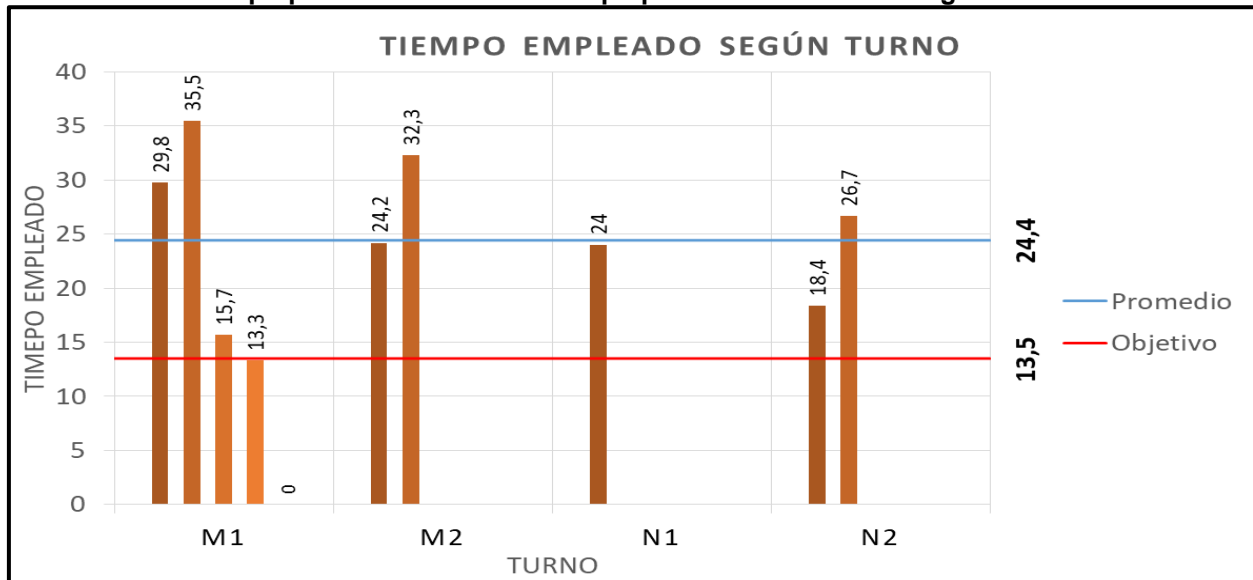
Ilustración 22 Clasificación de secuencia de actividades Cambio Balde



Fuente: Elaboración Propia.

El resultado de este proceso de mejora genera una reducción de tiempo del proceso completo de cambio de balde de un 43,75 %, siendo el nuevo tiempo de detención potencial de 13,5 horas, resultando en un ahorro de 10,5 horas de equipo detenido por cada actividad de cambio de balde.

Ilustración 23 Tiempo promedio actual vs Tiempo potencial con metodología SMED



Fuente: Elaboración Propia.

CAPITULO 10: ANALISIS DE RIESGO

10.1 Análisis de riesgo de la propuesta

La metodología actual de la compañía considera que se debe contemplar para toda implementación de un nuevo proyecto un análisis de los impactos en aspectos financieros, legales, salud y medioambiente y los controles que deben implementarse para que el riesgo este controlado. Este análisis se analiza y resume en 2 formatos: Matriz de riesgos y Bubble Chart

Para este caso particular considerando las 2 líneas planteadas, se contempla que el mayor riesgo está en prescindir de 22 FTE directas productos de las mejoras planteadas en THI.

Como plan inmediato de mitigación, se plantea que la disminución de personal se realice de forma proporcional distribuida en los turnos de Mantenición de Palas y Perforadoras con el fin de generar un menor impacto. A posterior se identifican que los riesgos planteados se categorizan en ámbitos de Salud y Seguridad, además de financieros.

En base a experiencias anteriores de retiro de personal se contemplan los siguientes escenarios de riesgos

Tabla 16 Resumen de los escenarios y categoría de riesgos de implementación Plan

N°	Riesgos	Categoría
1	Aumento de accidentabilidad producto de preocupación ante salida de personal	Health and Safety
2	Baja de productividad (ruedas cuadradas)	Financiero
3	Paralización ilegal de los Mantenedores producto de salida de personal	Financiero
4	Aumento de Backlog en la flota sin atención por falta de personal	Financiero

Fuente: Elaboración Propia.

La metodología de análisis de riesgo plantea los escenarios e impactos con y sin controles mitigatorios los cuales se encuentran valorizados de acuerdo a la criticidad de los equipos afectados y el impacto en el negocio global. Esta valorización se conoce como Perdida Máxima Predecible o Maximum Foreseeable Loss (MFL)

Las consecuencias de los escenarios planteados se resumen de la siguiente manera

Tabla 17 Resumen de análisis de riesgos y escenarios con y sin controles

Nombre del Proyecto o Proceso		MFL s/Control	Severity c/control	Controles preventivos existentes	
N°	Riesgos	Cat			
1	Aumento de accidentabilidad producto de preocupacion salida de personal	Health and Safety	Aumento de TIFR con un accidente con 30% de incapacidad permanente. H&S = Level 4.	Durante los tres primeros meses, se genera un aumento del TRIFR, con impacto reversible en la salud del trabajador leasionado.H&S= 2.	1.-Plan HSE mensual 2.- Campañas mensuales de la GMESM
2	Baja de productividad (ruedas cuadradas)	Financiero	Se genera descontento por parte de los trabajadores, generando un impacto en su trabajo, al afectar en parte su productividad. Sin embargo no se generan bajas en la productividad relevantes, manifestaciones o huelgas.	Teniendo en cuenta todos los controles , no se prevee baja de productividad.	1.-Plan comunicacional por parte de RRHH (Previamente realizado para otros procesos de salida de personal). 2.-Supervision permanente en terreno
3	Paralización ilegal de los Mantenedores producto de salida del personal	Financiero	Debido al paro ilegal, se deja de producir el cumplimiento de movimiento por 24 hrs Reputation = Level 4	Teniendo en cuenta lo controles,solo se retrasa la salida de los buses desde rodoviario impactando primera hora 1) Plan Alternativo de salida secuenciada. Reputation = Level 3	
4	Aumento de Backlog en la flota sin atencion por falta de personal	Financiero	El aumento de backlog en la flota y la estructura que queda hace que una pala no pueda ser atendida ante falla catastrofica quedando detenida 15 dias. Reputation = Level 4	Teniendo en cuenta los procesos de admoinistracion de backlog, se debe desplzar el plan afectando solo indicadores de Work Management	1.- Proceso de administracion de amenazas 2.-Proceso de priorizacion de Work Management

Fuente: Elaboración Propia.

Con la finalidad de capturar la posibilidad (P) de ocurrencia y severidad (S) del escenario planteado (riesgo), de acuerdo a tabla de escenarios predefinidos se obtiene el riesgo residual (RRR).

$$RRR= S \times P$$

Tabla 18 Matriz de Riesgo Plan de Mejoramiento Productividad

Nombre del Proyecto o Proceso			Implementar Plan De Mejoramiento Productividad Laboral					MFL s/Control	Severity c/control	Controles preventivos existentes
N°	Riesgos	Cat	MFL US\$M	Severidad US\$M	Severidad	Posibilidad	RRR			
1	Aumento de accidentabilidad producto de preocupacion salida de personal	Health and Safety	0,20	0,00	1	3,0	3	Aumento de TIFR con un accidente con 30% de incapacidad permanente. H&S = Level 4.	Durante los tres primeros meses, se genera un aumento del TRIFR, con impacto reversible en la salud del trabajador leasionado. H&S= 2.	1.-Plan HSE mensual 2.- Campañas mensuales de la GMESM
2	Baja de productividad (ruedas cuadradas)	Financiero	0,00	0,00	1	0,0	0	Se genera descontento por parte de los trabajadores, generando un impacto en su trabajo, al afectar en parte su productividad. Sin embargo no se generan bajas en la productividad relevantes, manifestaciones o huelgas.	Teniendo en cuenta todos los controles , no se prevee baja de productividad.	1.-Plan comunicacional por parte de RRHH (Previamente realizado para otros procesos de salida de personal). 2.-Supervision permanente en terreno
3	Paralización ilegal de los Mantenedores producto de salida del personal	Financiero	0,62	0,29	10	3,0	30	Debido al paro ilegal, se deja de producir el cumplimiento de movimiento por 24 hrs Reputation = Level 4	Teniendo en cuenta lo controles, solo se retrasa la salida de los buses desde rodoviario impactando primera hora 1) Plan Alternativo de salida secuenciada. Reputation = Level 3	
4	Aumento de Backlog en la flota sin atencion por falta de personal	Financiero	0,50	0,20	10	1,0	10	El aumento de backlog en la flota y la estructura que queda hace que una pala no pueda ser atendida ante falla catastrofica quedando detenida 15 dias. Reputation = Level 4	Teniendo en cuenta los procesos de adminiistracion de backlog, se debe desplzar el plan afectando solo indicadores de Work Management	1.- Proceso de administracion de amenazas 2.-Proceso de priorizacion de Work Management

Fuente: Elaboración Propia.

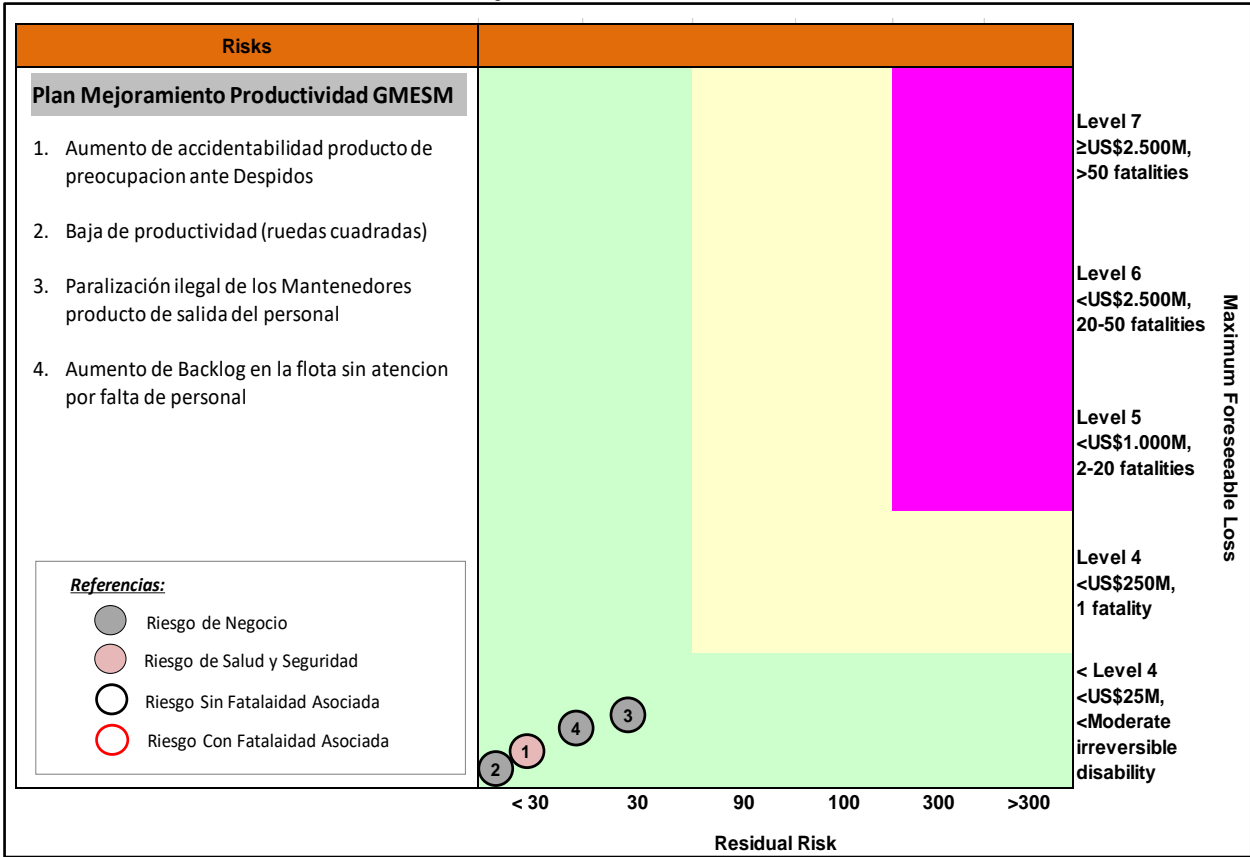
Tabla 19 Controles preventivos Análisis Riesgo

Nombre del Proyecto o Proceso			Controles preventivos existentes
N°	Riesgos	Cat	
1	Aumento de accidentabilidad producto de preocupacion salida de personal	Health and Safety	1.-Plan HSE mensual 2.- Campañas mensuales de la GMESM
2	Baja de productividad (ruedas cuadradas)	Financiero	1.-Plan comunicacional por parte de RRHH (Previamente realizado para otros procesos de salida de personal). 2.-Supervision permanente en terreno
3	Paralización ilegal de los Mantenedores producto de salida del personal	Financiero	
4	Aumento de Backlog en la flota sin atencion por falta de personal	Financiero	1.- Proceso de administracion de amenazas 2.-Proceso de priorizacion de Work Management

Fuente: Elaboración Propia.

Una vez concluido el análisis de los distintos escenarios, valorización de pérdidas y riesgo residual contenidos en la matriz de riesgos, los resultados se trasladan a una Bubble chart donde se analiza si el proyecto con los controles establecidos presenta un riesgo material para el negocio.

Ilustración 24 Bubble Chart Plan de Mejoramiento Productividad



Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo al análisis realizado, los controles existentes en la organización y en base a la experiencia de escenarios similares anteriores, permiten determinar que no existen riesgos importantes para la implementación de este Plan.

CAPITULO 11: CONCLUSION

La propuesta de mejoramiento de productividad laboral planteada, está en línea con la estrategia de Minería Escondida Limitada, que considera no solo mantener o aumentar la producción de Cobre, sino que hacerlo de manera eficiente y productiva.

Los resultados de este trabajo, plantean una metodología que permite diagnosticar el estado actual del proceso de mantención de la Gerencia de Equipos Semimoviles a través del indicador de TIH que mide la productividad de la mano de obra directa utilizada en el proceso de mantenimiento. Las mediciones realizadas de esta variable demostraron que el estado actual corresponde a un 46% de utilización efectiva en actividades con herramienta en mano, existiendo una oportunidad de mejora en este indicador si consideramos valores promedios a nivel de industria minera y faenas similares, por lo cual la propuesta inicial fue de mejorar a un valor de TIH de 50%.

Al analizar la demanda de HH de la estrategia de mantenimiento con un valor actual de 46% de TIH como oferta, nos permite capturar la mejora en la oferta de HH al sugerir un aumento del TIH de 4 puntos porcentuales (aumentar la efectividad del puesto de trabajo) lo que se traduce en el poder realizar la misma demanda de trabajo con menos recursos. Los beneficios de este mejoramiento afectan directamente el requerimiento de FTE para efectuar la estrategia de mantención actual sin poner en riesgo la integridad del activo. Se plantea una disminución potencial de 8,5% de FTE. Este mejoramiento se traduce en una disminución de 22 FTE directas. Esta disminución afecta también positivamente el indicador de Kton/FTE de la mina.

Poder identificar las actividades que no aportan valor al mantenimiento y que pueden ser disminuidas o eliminadas es fundamental para mejorar el tiempo que el mantenedor puede estar realizando actividades que requieren los equipos de carguío o perforación. De las variables consideradas, que presentaron mayores brechas de acuerdo a análisis, corresponden a travel time, Waiting Time y Lost Time de acuerdo a la metodología planteada. A través de propuestas simples, estandarización de actividades e implementación de mejoras en terreno, se puede contemplar este aumento porcentual sin necesidad de incurrir en costos significativos de implementación.

En la actualidad existen metodologías de proceso como el Lean Maintenance que permiten identificar actividades repetitivas, donde la aplicación de eliminación de pérdidas puede representar una oportunidad que resulta en un menor tiempo de realización y un menor requerimiento de recursos identificando los desperdicios. Para el caso de este trabajo, se aplicó la metodología SMED al proceso de cambio de balde disminuyendo en un 43% el tiempo de realización, complementando los planes de mejoramiento a las 3 variables con oportunidad de acuerdo a medición. En la actualidad existen otras actividades de mantenimiento con alta frecuencia y tiempo, que podrían generar un beneficio significativo en la búsqueda de productividad considerándose en una segunda etapa.

Para poder analizar el beneficio económico de la implementación, se consideró analizar los flujos de costos en un periodo de 6 años a Valor presente (VAN) con y sin propuesta de mejoramiento a una tasa de 8,16% de acuerdo a lo establecido para el análisis de estos proyectos en MEL. Esta diferencia a Valor Presente de ambas alternativas considera un ahorro de costo de US\$ 9.815.733 el cual contempla los costos de la implementación de la propuesta, por lo cual se considera viable.

Al realizar el análisis de riesgo de la implementación del plan de mejoramiento propuesto, cuyo mayor riesgo se visualiza en prescindir de 22 mantenedores directos, considerando la herramienta actual establecida por la compañía para proyectos nuevos, se evalúa que no constituye un riesgo mayor para la Gerencia General Mina con los controles propuestos en este plan.

SIMBOLOGIA

US\$: Dólar Americano
PIB	: Producto interno bruto.
Kton	: Kilo toneladas.
Tpd	: toneladas por día.
GMESM	: Gerencia Mantención Equipos Semimoviles
GMM	: Gerencia Mantención Mina
GGOM	: Gerencia General Operaciones Mina
HH	: horas hombre.
Ton/hh	: toneladas por hora hombre.
TIH	: Tool in Hand
Kton	: Kilo Toneladas
KTDP	: kilo toneladas por día.
PM	: Mantención programada
MEL	: Minera Escondida Ltda.
MTBF	: tiempo medio entre falla.
MTRR	: tiempo medio de reparación.
KPI	: Indicadores claves de desempeño.
PTF	: Productividad Total de Factores
FTE	: Full Time Equivalent
BACKLOG	: Requerimiento de trabajo generado por la estrategia de Mantenimiento.
FY	: Fiscal Year
REM	: Razón estéril mineral
Ctta	: Contratista
VAN	: Valor Actual Neto
1SAP	: Sistema de Administración del mantenimiento utilizado en MEL

CAPITULO 12: BIBLIOGRAFIA

- COMISIÓN Nacional de Productividad. Productividad en la gran Minería del Cobre. 2017
- MATRIX Consulting. Desafíos de productividad para la Minería Chilena. En: CONFERENCIA CESCO: 3 de Abril de 2017. Santiago.
- ZUÑIGA Delgado, Cristóbal Andrés. Productividad en la minería chilena y análisis de sus principales factores explicativos a nivel de firma. Memoria de Ingeniero Civil Minas. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas U. de Chile, 2016. 65h.
- PEÑALOZA, Marcos, Excellency-Asociados. Lean Manufacturing en Mantenimiento. En: CONGRESO INTERNACIONAL URUMAN: Gestión de activos y confiabilidad: 13 al 16 de Octubre del 2014. Montevideo
- DUNN, Sandy. Como Medir la Productividad en el Mantenimiento. Revista Digital B2B 16(5): 22-31, Junio 2017
- SUMANTH, David. Administración de la Productividad Total. Mexico, Mc Graw-Hill, 1990.
- MEDINA, Jorge Eduardo. Modelo Integral de Productividad, Aspectos importantes para su implementación. Revista Escuela de Administración de Negocios. (69):110-119, Julio-Diciembre 2010.
- Plan Minero 5YB Minera Escondida Limitada, Diciembre 2018.