



UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE MINAS

GESTIÓN TÉCNICA Y COMERCIAL DE UN PROVEEDOR DE EQUIPOS MINEROS
SUBTERRÁNEOS

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL DE MINAS

DIEGO ALONSO GARCÍA POBLETE

PROFESOR GUÍA:

FERNANDO SILVA CALONGE

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:

EDUARDO EGUILLOR RECABARREN

GONZALO MONTES ATENAS

SANTIAGO DE CHILE

2018

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR

AL TÍTULO DE: INGENIERIA CIVIL DE MINAS

POR: DIEGO GARCÍA POBLETE

FECHA: MARZO 2018

PROFESOR GUÍA: FERNANDO SILVA CALONGE

GESTIÓN TÉCNICA Y COMERCIAL DE UN PROVEEDOR DE EQUIPOS MINEROS SUBTERRÁNEOS

En los últimos años, la industria minera chilena se vio enfrentada a un período de crisis debido a la baja en los precios de los commodities. Dentro de ese contexto, ha sido clave la implementación de planes de reducción de los costos de operación, al interior de las operaciones mineras. Según fuentes locales, los costos de mantención de los equipos mineros representan de un 20% a un 50% de sus costos de operación, y en general las operaciones externalizan los servicios de mantención. Por lo tanto, los proveedores de equipos mineros tienen un rol importante en la continuidad de la industria minera.

El estudio analiza la gestión del área de Minería Subterránea de la empresa Komatsu Mining. En este estudio, primero se establecen estrategias y medidas de gestión competitivas. Además, se analiza tecno económicamente la propuesta de valor del área. Luego, bajo el marco del mejoramiento continuo, se evalúa el servicio de soporte en la puesta en marcha de un equipo LHD. Finalmente, a partir de indicadores de rendimiento, se procede a analizar las estrategias y medidas de gestión de Hard Rock, y se propone una mejora a éstas.

El servicio de arriendo con opción de compra del área representa una gran opción para la adquisición de equipos. Esto debido a que incluye el equipo, un técnico especialista, los repuestos, y la logística involucrada en todo el proceso de mantención del equipo. Este servicio con todo incluido permite, por ejemplo, aumentar la productividad de la operación unitaria carguío y transporte, implicando un gasto total 23% más bajo que el de las opciones de leasing convencional y compra directa por parte del cliente.

Al realizar la post evaluación de la puesta en marcha del equipo LHD, se concluye que las medidas del área son adecuadas. Esto se debe a: la tendencia alcista que reporta la disponibilidad mecánica, alcanzando un 92,7%, la nula ocurrencia de accidentes con tiempo perdido, la tendencia hacia la mantención programada ante la correctiva, entre otros aspectos. Con respecto a las brechas, se propone como alternativa una estrategia de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC). Esta permite que los equipos sean más seguros y confiables, reduce los costos de mantención, mejora la calidad del equipo y sus componentes, y permite monitorear mejor el cumplimiento de las normas de seguridad y medio ambiente.

ABSTRACT

Over the last years, the Chilean mining industry has faced a crisis due to the decline in commodity prices. The crisis was heavy, so even some authors questioned the continuity of the industry. In this context, the implementation of plans to reduce the operating costs has been key for the subsistence of the Chilean mining industry. According to local sources, the mining equipment's maintenance cost is about 20% to 50% of its operating cost, and there's a trend to the outsourcing of the equipment's maintenance by the operations. Therefore, the mining equipment suppliers play a key role in the cost reduction plans, and in the continuity of the mining industry.

That being said, the aim of this report is to establish the management requirements of a mining equipment supplier, to enhance the efficiency of the underground mining operation in its unitary operations. This study is about the technical and commercial management of the Underground Mining area - Hard Rock, of Komatsu Mining Corp. In this study, first strategies and competitive management measures are established, and the value proposal offered by the area is analyzed. Then, under the framework of continuous improvement, the area's support service is evaluated through the start-up process of an LHD equipment, in the north of Chile. Finally, based on performance and productivity indicators, the strategies and management measures of Hard Rock are analyzed, and it's proposed an improvement to them.

The area's rental with buying option service represents a great option for the acquisition of equipment. This is due to the utility that a service of these characteristics has for mining operations, which includes the equipment, a specialist technician, the spare parts, the supervision and the logistics involved in the entire equipment maintenance process. This all-inclusive service allows, for example, to increase the productivity of the loading and transport operation, implying a total expenditure 23% lower than the conventional leasing option and direct purchase option that the customer has.

In the evaluation process it's concluded that the area measurements are suitable and at a good level. This is due to several aspects, such as: The upward trend reported in the mechanical availability, reaching a value of 92.7%, the zero occurrence of lost time accidents, the tendency towards scheduled maintenance instead of the corrective maintenance, reaching a cumulated value of 57,4% of the maintenance, and the decrease of 8% in the total spare parts expense, regarding to the programmed adjusted expense. Regarding the gaps, a Reliability Centered Maintenance (RCM) strategy is proposed as an alternative. This allows the equipment to be safer and more reliable, reducing its maintenance costs, improving the equipment and parts quality, and allowing a better monitoring of the safety and environmental regulations compliance.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer, en primer lugar, a mi familia, quienes me apoyaron desde pequeño tanto en el ámbito valórico como el académico.

Agradezco igualmente a mi pareja, la que me ha apoyado los últimos años constantemente, incluyendo el periodo de la realización de este estudio.

Quiero agradecer a las personas que han estado en el transcurso de mi memoria, gracias a Esteban Leyton y Cristián Arrospide, y a todos quienes me ayudaron en el desarrollo de mi memoria.

Además, quiero agradecer a mi profesor guía, Fernando Silva, quien me dio la oportunidad de desarrollar mi memoria en este tema, y de trabajar junto a un gran equipo de personas. Gracias por confiar en mí, por darle perspectiva y altura de miras a este proyecto que iniciamos juntos.

Finalmente, agradezco al resto mi comisión, Eduardo Eguillor y Gonzalo Montes, ambos docentes que marcaron mi formación académica y profesional al interior de la facultad, y me otorgaron las herramientas y el respaldo para poder guiar, de mejor manera, el presente estudio.

Tabla de Contenido

1. Introducción	1
1.1. Presentación del tema.....	1
1.2. Objetivos	2
1.2.1. Objetivo General.....	2
1.2.2. Objetivos Específicos	2
1.3. Alcances.....	2
1.4. Metodología	3
2. Antecedentes.....	5
2.1. Planificación Estratégica	5
2.2. Mejoramiento Continuo	8
2.2.1. Ciclo de Deming	12
3. Descripción de la Organización	13
3.1. Reseña de la Compañía.....	13
3.2. Antecedentes del Área	15
3.3. Estructura Organizacional	16
4. Análisis Externo	18
4.1. Caracterización de la Minería Subterránea Chilena	18
4.1.1. Gran Minería.....	19
4.1.2. Mediana Minería	20
4.2. Análisis de Necesidades	23
4.3. Análisis Registro de Importaciones	24
4.3.1. Forecast Mercado de Equipos Subterráneos	26
5. Análisis FODA	30
5.1. Fortalezas	31
5.2. Oportunidades.....	32
5.3. Debilidades	34
5.4. Amenazas	35
6. Estrategia Comercial.....	36
6.1. Inserción al Mercado	36

6.1.1.	Estrategia de Precios.....	37
6.1.2.	Clientes.....	38
6.2.	Análisis de Modelo Comercial	38
6.	Estrategia de Soporte	41
6.1.	Estrategia de Mantenimiento.....	41
6.1.1.	Mantenición Correctiva.....	42
6.1.2.	Mantenición Preventiva	42
6.1.3.	Mantenición Predictiva	43
6.1.4.	Mantenición Proactiva	44
6.2.	Salud y Seguridad Ocupacional	45
6.3.	Estrategia de Abastecimiento.....	46
7.	Caso de Estudio: Puesta en Marcha de Scoop 4LD	48
7.1.	Antecedentes	48
7.2.	Scoop 4LD	49
7.3.	Costos de Mantención.....	53
7.4.	Indicadores Clave de Rendimiento.....	55
7.4.1.	Antecedentes.....	55
7.4.2.	Resultados.....	57
8.	Análisis de Resultados.....	61
9.	Conclusiones	68
10.	Bibliografía	70
	ANEXO A	73
	ANEXO B	76
	ANEXO C	75
	ANEXO D	77

Índice de Tablas

Tabla 1:	Listado de necesidades operaciones mineras subterráneas.....	23
Tabla 2:	Análisis FODA Minería Subterránea Hard Rock (Fuente: Elaboración propia).30	
Tabla 3:	Especificaciones técnicas LHD 4LD (Fuente: Komatsu Mining).	53

Tabla 4: Fallas operacionales 4LD (Fuente: Elaboración propia).....	57
Tabla 5: Mantenciones programadas 4LD (Fuente: Elaboración propia).	57
Tabla 6: Downtimes por período 4LD (Fuente: Elaboración propia).....	58
Tabla 7: Métricas de confiabilidad 4LD (Fuente: Elaboración propia)	59
Tabla 8: Desglose costos de mantención 4LD (Fuente: Elaboración propia).....	60

Índice de Figuras

Figura 1: Metodología del estudio.	4
Figura 2: Niveles organizacionales y sus alcances temporales (Fuente: Manual de Planificación Estratégica e Indicadores de Desempeño).	7
Figura 3: Diagrama modelo PEPSC (Fuente: Elaboración propia).....	10
Figura 4: Ciclo de Deming.	12
Figura 5: Línea de Productos Komatsu Mining Corp.....	15
Figura 6: Equipo de Trabajo Hard Rock.	16
Figura 7: Organigrama Minería Subterránea – Hard Rock.....	16
Figura 8: Desglose de producción de cobre en Chile año 2015 (Fuente: Zablocki, 2016).	18
Figura 9: Distribución de minas subterráneas en Chile según método de explotación (Fuente: Zablocki, 2016).	19
Figura 10: Producción de cobre fino de las minas con proyectos Subterráneos pertenecientes a la gran minería chilena (Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Cochilco 2016).	20
Figura 11: Evolución de costos en la mediana minería del cobre C1 (Fuente: Informe de Mediana Minería Cochilco).....	21
Figura 12: Exportaciones por sector económico (Fuente: Informe de Mediana Minería Cochilco).	21
Figura 13: Producción de cobre de minas subterráneas medianas más importantes (Fuente: Zablocki, 2016)	22
Figura 14: Mercado de equipos mineros subterráneos 2010-2017 (Fuente: Elaboración propia a partir de data de Ecomex y Cochilco).....	24
Figura 15: Cantidad de equipos mineros subterráneos importados 2010-2017 (Fuente: Elaboración propia a partir de data de Ecomex)	25

Figura 16: Condicionalidad de los proyectos de Inversión (Fuente: Cochilco).	27
Figura 17: Predicción de la cantidad de LHDs en el mercado chileno (Fuente: Elaboración propia).	28
Figura 18: Predicción de la cantidad de jumbos en el mercado chileno (Fuente: Elaboración propia).	28
Figura 19: Predicción de la cantidad de dumpers en el mercado chileno (Fuente: Elaboración propia).	29
Figura 20: Predicción del tamaño de mercado de equipos subterráneos (Fuente: Elaboración propia).	29
Figura 21: Participación de Komatsu Mining en el mercado de LHDs, tercer cuatrimestre año 2017 [Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Ecomex].	34
Figura 22: Efecto esperado de la estrategia de precios de inserción al mercado.	37
Figura 23: Detalle del gasto asociado a diferentes opciones de adquisición de equipos (Fuente: Elaboración propia).	39
Figura 24: Comparación del gasto total asociado a diferentes opciones de adquisición de equipos (Fuente: Elaboración propia).	40
Figura 25: Enfoques de mantenimiento (Fuente: El arte de mantener).	41
Figura 26: Patrón de falla asumido en mantenimiento preventivo.	43
Figura 27: Número de accidentes fatales por tipo de instalación (Fuente: Accidentes mineros segundo trimestre 2017, Sernageomin).	45
Figura 28: Listado de filtros recomendados por fábrica (Fuente: Komatsu Mining).	47
Figura 29: Sitio de la postura scoop 4LD (Fuente: Google Maps).	48
Figura 30: LHD Joy 4LD.	49
Figura 31: Curva de productividad 4LD (Fuente: Komatsu Mining).	50
Figura 32: Barra Z LHD 4LD (Fuente: Komatsu Mining).	50
Figura 33: Cabina cerrada LHD 4LD (Fuente: Komatsu Mining).	51
Figura 34: Área de mantenimiento a nivel de piso LHD 4LD (Fuente: Komatsu Mining).	52
Figura 35: Costo de componentes y filtros (Fuente: TCO 4LD).	54
Figura 36: Gastos de mantención para 200 horas mensuales (Fuente: Elaboración propia a partir de TCO 4LD).	54
Figura 37: Gastos de adquisición (Fuente: Elaboración propia).	55

Figura 38: Definición de tiempo según norma ASARCO (Fuente: Archivo documental Superintendencia Gestión Inversiones Mina).....	55
Figura 39: Disponibilidad mecánica 4LD (Fuente: Elaboración propia).....	58
Figura 40: Desglose de gastos en mano de obra (Fuente: Elaboración propia).....	60
Figura 41: Comparación disponibilidad mecánica de scoop 4LD con equipo de referencia de 10 ton en la faena.....	62
Figura 42: Mantenimiento programada vs mantenimiento correctiva (Fuente: Elaboración propia).....	63
Figura 43: Distribución gastos de mantenimiento (Fuente: Elaboración propia).	64
Figura 44: Costos de mantenimiento estandarizados (Fuente: Elaboración propia).	65
Figura 45: Gasto real vs gasto programado en repuestos (Fuente: Elaboración propia).	65
Figura 46: Gasto real vs gasto ajustado en repuestos (fuente: Elaboración propia).	66
Figura 47: Propuesta estrategia de mantenimiento (Fuente: Elaboración propia).	67

1. Introducción

1.1. Presentación del tema

En los últimos años, la industria minera chilena se vio fuertemente impactada por la baja en el precio del cobre. Dentro de ese contexto, una de las tendencias adoptadas por las operaciones mineras para sobrepasar dicha crisis, fue la de reducción de costos de operación de sus equipos. El rol de los proveedores de equipos mineros en esa materia es clave, ya que parte importante de los costos de operación de los equipos, corresponde a costos de mantención. Por lo tanto, dichos proveedores juegan un papel importante en la continuidad de la industria minera.

El presente estudio se lleva a cabo sobre los aspectos de gestión técnica y comercial del área de Minería Subterránea - Hard Rock, perteneciente a la empresa Komatsu Mining.

Una de las motivaciones para llevar a cabo esta memoria, es que no se encuentra en la literatura ninguna publicación que establezca un análisis de gestión tanto técnica como comercial de un proveedor de equipos mineros. Además, la gestión de éstos, como actores importantes en la industria minera, incide directamente en los indicadores de rendimientos y productividad de los equipos, en sus costos operacionales, y en la seguridad de las operaciones unitarias, que se llevan a cabo en las operaciones mineras subterráneas.

En este estudio se establecen vinculaciones entre la planificación estratégica del área, sus procesos de control presupuestarios, y los indicadores de desempeño que se obtienen como resultado del proceso de planificación estratégica.

El enfoque de éste tiene relación con el mejoramiento continuo, el cual busca aumentar constantemente la calidad de los servicios prestados, en este caso de mantención, impactando positivamente la eficiencia de las operaciones unitarias subterráneas. El proceso de mejoramiento continuo implica una serie de aspectos claves para tener éxito en el logro de los objetivos estratégicos planteados. En este caso, algunos de estos aspectos implican una orientación hacia las operaciones mineras subterráneas, gestión por procesos y sub procesos, toma de decisiones en base a datos, entre otros.

Actualmente, el área Hard Rock atraviesa un proceso de inserción al mercado de equipos subterráneos. Por lo mismo, en este proceso de aprendizaje, es de suma importancia el uso eficiente del ciclo de Deming para el mejoramiento continuo de los servicios impartidos por el área.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

El objetivo principal de la memoria es establecer los requerimientos de gestión y de competitividad de un proveedor de equipos mineros, tal que la operación minera subterránea sea más eficiente en sus operaciones unitarias.

1.2.2. Objetivos Específicos

Los objetivos específicos que permiten dar cumplimiento al objetivo general expresado son:

- Establecer las estrategias y medidas de gestión del área Hard Rock.
- Realizar una evaluación tecno económica de la propuesta de valor ofrecida por el área.
- A través de un caso de estudio, evaluar empíricamente el servicio del área a partir de indicadores de rendimiento, tales como la disponibilidad mecánica, el tiempo medio entre fallas, entre otros.
- Analizar las estrategias y medidas de gestión implementadas por el área, y de existir brechas, proponer un ajuste en éstas.
- Realizar un análisis externo del mercado, e interno del área Hard Rock.

1.3. Alcances

A continuación, se define el alcance de este estudio, para dar cumplimiento a los objetivos previamente establecidos.

1. Antecedentes: En este primer capítulo, se establece el marco teórico en el cual se basa el desarrollo de este estudio. Este involucra los aspectos de planeación estratégica, y mejoramiento continuo que llevan a cabo las organizaciones.
2. Descripción de la organización: Involucra el establecimiento de una breve descripción de la organización, del área específica de Minería Subterránea, y de su estructura organizacional. Por lo que, este numeral conforma parte del análisis interno de la organización.
3. Análisis Externo: En este punto, primero se lleva a cabo una caracterización de la minería chilena, que conforma la base de clientes del área. Luego, se realiza un análisis de las necesidades que tienen las operaciones mineras subterráneas. Finalmente, se realiza un estudio del registro de importaciones de equipos mineros, y se lleva a cabo una predicción del mercado de equipos mineros subterráneos.

4. Análisis FODA: Implica la utilización de la herramienta de planificación estratégica FODA, la que analiza las fortalezas y debilidades del área Hard Rock, y estudia las oportunidades y amenazas que se le presentan.
5. Estrategia Comercial: En este, se establecen las estrategias y medidas de gestión comercial, utilizadas por el área en la etapa de inserción al mercado. Por otra parte, se lleva a cabo un análisis que compara la propuesta de servicio global del área con los casos base, representados por la opción de leasing tradicional y de compra directa de equipos que tienen los clientes. Además, se analiza la estrategia de precios utilizada durante este período.
6. Estrategia de Soporte: Involucra el establecimiento de las estrategias y medidas de gestión, asociadas al servicio de soporte técnico que ofrece el área. Esto implica el servicio de mantención de los equipos, la cadena de abastecimiento de los componentes y filtros requeridos, y la gestión de riesgos que lleva a cabo Hard Rock.
7. Caso de estudio: Este numeral se basa en la puesta en marcha de scoop 4LD en el norte de Chile. Primero, se establecen las bondades de dicho equipo, en cuanto a mejoras en tiempos de ciclo y costos de mantención. Luego, se establecen los resultados del estudio de la puesta en marcha del LHD. Estos resultados involucran: indicadores de rendimiento, métricas de confiabilidad y costos de mantención asociados.
8. Análisis de resultados: Finalmente, se realiza el análisis de resultados obtenidos en el numeral previo. A partir de este análisis, se procede a evaluar las estrategias en curso, proponiendo, además, ajustes para cubrir las brechas presentes en éstas.

1.4. Metodología

Para dar cumplimiento a los objetivos previamente establecidos, la metodología de este estudio posee cuatro etapas:

Primero, se lleva a cabo un análisis interno del área, y externo del mercado, el cual es crucial para los procesos de planificación estratégica al interior de las organizaciones. El análisis externo involucra la caracterización de la minería subterránea en Chile, la caracterización del mercado local de equipos subterráneos, y el establecimiento de las necesidades que tienen las operaciones mineras subterráneas.

Luego, en una segunda etapa, se establecen estrategias y medidas de gestión competitivas a nivel empresarial, basadas en lo desarrollado por el área Hard Rock de Komatsu Mining. Además, en esta etapa se lleva a cabo una evaluación tecno económica de la propuesta de valor diferenciadora que ofrece el área, contrastándola con el resto de opciones que tiene el cliente.

Cabe destacar que, el área atraviesa un proceso de inserción al mercado de equipos subterráneos. En este proceso de aprendizaje, es de suma importancia el uso eficiente

del ciclo de Deming para el mejoramiento continuo de los servicios impartidos por el área. Razón por la cual, la tercera etapa del estudio involucra la evaluación del servicio de soporte en la puesta en marcha de un equipo LHD en el norte de Chile, a partir de indicadores de rendimiento, económicos y de productividad. Los indicadores de rendimiento se calculan a partir de la norma ASARCO (American Smelting & Refining Co), y de indicadores de confiabilidad de equipos, tales como el tiempo medio entre fallas (MTBF), entre otros.

Finalmente, a partir de dichos indicadores, se analizan las estrategias y medidas de gestión implementadas por Hard Rock, se establecen las brechas existentes en las estrategias actuales, y se sugiere una mejora a éstas.

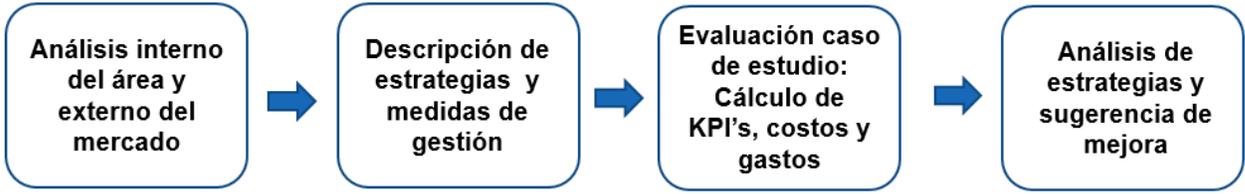


Figura 1: Metodología del estudio.

2. Antecedentes

2.1. Planificación Estratégica

Ya desde el siglo pasado, se han establecido vinculaciones entre la planificación estratégica, los procesos de control presupuestarios, y los indicadores de desempeño que tienen como resultado las distintas organizaciones.

La planificación estratégica es una herramienta de gestión que apoya la toma de decisiones de las organizaciones. Estas decisiones giran en torno a la forma en que se realizan las cosas actualmente, y en torno a la visión a futuro de la empresa. De modo que la entidad en cuestión se adecue a los cambios y a las demandas que les impone el entorno, y logre la mayor eficiencia, eficacia, y calidad en los bienes y servicios que provee. Este tipo de planificación implica la formulación y declaración de objetivos prioritarios, y el establecimiento de los cursos de acción o estrategias a seguir para lograr dichos objetivos.

A partir de un diagnóstico de la situación actual, tanto interna de la organización como externa del mercado, la planificación estratégica establece el camino a seguir y las acciones a tomar para cumplir la misión y visión de la empresa.

En una organización, la gestación del programa anual operativo (base para la formulación presupuestaria), es clave la definición de los objetivos estratégicos, los indicadores a considerar, y las metas a cumplir.

El uso de la planificación estratégica es imprescindible para:

1. La asignación adecuada de recursos, en un entorno dinámico exigente que está constantemente cambiando.
2. El avance hacia una gestión orientada a resultados.

Las características principales de una gestión orientada a resultados son:

- a) Uso de la planificación estratégica como herramienta para alinear las prioridades con los recursos, y establecer la base para el control y evaluación de las metas.
- b) Identificación de objetivos, indicadores y metas que permitan evaluar los resultados a través del desarrollo de procesos.
- c) Clara identificación de los distintos niveles de responsabilidad en la organización, y de sus metas respectivas.
- d) Uso de sistemas de control de gestión, que establezcan claramente las responsabilidades de cada nivel organizacional, y que permitan el monitoreo y seguimiento constante del cumplimiento de las metas en toda la organización.
- e) Uso de procesos de retroalimentación para la toma de decisiones.
- f) Alineamiento del presupuesto institucional al cumplimiento de objetivos estratégicos.

- g) Determinación del grado de flexibilidad y autonomía en la gestión de cada nivel, de acuerdo a sus compromisos de desempeño.

El establecimiento de los objetivos estratégicos, en el proceso de planificación estratégica, permite materializar la misión y la visión. Este proceso de planificación antecede al proceso de control de gestión, el que realiza el seguimiento de los objetivos establecidos para realizar la misión organizacional. La planificación estratégica analiza aspectos de carácter macro, que involucran un espectro temporal de mediano a largo plazo. Es un proceso continuo que requiere constante retroalimentación acerca de cómo están funcionando las estrategias establecidas.

En general, las organizaciones privadas y sus distintas áreas tienen indicio de su desempeño a través de indicadores claros, tales como:

- Las utilidades.
- Los retornos sobre la inversión.
- Las ventas y los gastos.
- Entre otros.

Estos indicadores proveen información importante para la toma de decisiones, respecto del curso de las estrategias establecidas. A partir de éstos, se valida el curso de dichas estrategias, o bien se evidencia la necesidad de efectuar ajustes en éstas.

En el contexto de las actividades de planificación de las organizaciones, se hace necesario diferenciar la planificación estratégica de la planificación operativa. Aun cuando ambas tratan de determinar el curso óptimo de acción de su nivel organizacional respectivo, la primera involucra un espectro temporal de mediano a largo plazo, mientras que la segunda de corto plazo.

La planificación operativa se ocupa de la determinación de las metas de corto plazo, las cuales permiten materializar y hacer operativas las estrategias. A partir de este proceso, se puede llevar a cabo la programación de las actividades, y la estimación del presupuesto que se requiere para su desarrollo. Además, en la planificación operativa se generan los compromisos internos, que quedan plasmados en la programación, para lograr un producto o servicio de calidad, y en el tiempo programado.

En la Figura 2, se observan los distintos niveles organizacionales presentes en gran parte de organizaciones, además de los espectros temporales que cubren respectivamente.

NIVELES ORGANIZACIONALES

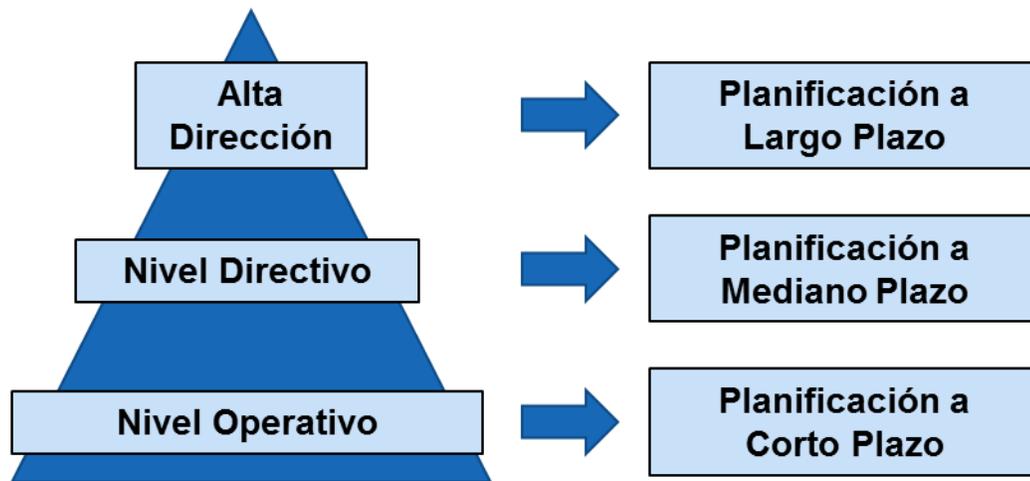


Figura 2: Niveles organizacionales y sus alcances temporales (Fuente: Manual de Planificación Estratégica e Indicadores de Desempeño).

La alta dirección establece la visión y misión del negocio, a través del uso de la planificación estratégica. Por lo que, sus actividades involucran el establecimiento de políticas que alineen la organización hacia la dirección estratégica establecida, y el análisis de los distintos proyectos futuros de la compañía.

Este nivel genera la planificación a largo plazo, la cual traza el curso a seguir de la compañía a cinco o más años. Además, es responsable del resultado final de la compañía. Por otro lado, a través de indicadores globales, la alta dirección:

1. Controla que la organización haya tomado efectivamente la dirección estratégica establecida.
2. Valida el curso de dicha dirección, o evidencia la necesidad de efectuar ajustes en ésta, para luego realizarlos.

El nivel directivo también forma parte de los procesos de planificación estratégica, sin embargo, su principal responsabilidad es el control de gestión en las distintas áreas de la organización. El nivel directivo de cada área es responsable por los resultados de su propia área, teniendo como referencia los estándares de eficiencia, productividad, y calidad, establecidos por la alta dirección.

Este nivel se encarga de establecer los planes de gestión y planificación para el control del nivel operativo. Esta planificación es de mediano plazo, ya que involucra un alcance de uno hasta cinco años. Su rol contempla actividades como la creación y manejo de presupuestos, además de la obtención y la administración de recursos, entre otras.

Por su parte, el nivel operativo se encarga de la gestión operativa, y de la planificación a operativa o de corto plazo, la que involucra un alcance diario y mensual. Por lo que, el

nivel operativo es responsable de la determinación y cumplimiento de las metas a corto plazo. Este nivel involucra la toma de decisiones inmediatas, y es el encargado de ejecutar las acciones, al final de la cadena, para el cumplimiento programado de un producto o servicio de calidad.

2.2. Mejoramiento Continuo

El proceso de mejoramiento continuo es una herramienta de gestión que busca optimizar, y aumentar constantemente la calidad de un producto, proceso o servicio. Esta herramienta es utilizada en las organizaciones, debido en gran parte a la necesidad permanente de éstas de mejorar sus propuestas de valor, aumentando la satisfacción del cliente. Además, el enfoque de la mejora continua permite a las compañías estar mejor preparadas para enfrentar amenazas externas, tales como crisis en los precios de commodities.

Para implementar en una organización la cultura de mejora continua es necesario tener en cuenta una serie de aspectos que son imprescindibles para tener éxito en los objetivos estratégicos propuestos. Estos son principios de gestión de calidad que deben ser utilizados para liderar a una organización hacia la mejora continua de su desempeño.

1. Orientación al cliente

Las organizaciones existen debido a sus clientes, y dependen éstos. Por lo tanto, deben comprender sus necesidades actuales y futuras, satisfacer sus requisitos y esforzarse en superar sus expectativas. Los clientes pueden ser internos de la organización, por ejemplo, cuando un área de ésta debe entregarle un producto o cierto resultado a otra. En ese ejemplo, la primera debe tener en cuenta las preocupaciones, necesidades y expectativas de la segunda en cada una de las etapas de desarrollo del producto o resultado.

Esto significa que, las necesidades y expectativas de los clientes son el principio fundamental alrededor del cual se define y articula la planificación y prestación de un producto o servicio. Por lo tanto, es imprescindible determinar y satisfacer dichas necesidades y expectativas.

2. Liderazgo

El mejoramiento continuo de una organización, y el incremento constante de la satisfacción de los clientes, debe ser una prioridad de la alta dirección. Para tener éxito en las iniciativas que se tomen en los planes de mejora continua, se debe ejercer un liderazgo visible por los directivos, participando de forma activa en todas las iniciativas, proponiendo a los empleados una visión clara de la orientación de la organización hacia la calidad, la mejora continua, y la satisfacción de los clientes, estableciendo objetivos de mejora precisos.

Los líderes establecen la unidad de propósito y la orientación de una compañía. Deben crear y mantener un ambiente interno en el cual el personal pueda llegar a involucrarse totalmente en el logro de los objetivos organizacionales.

El liderazgo debe ejercerse en todos los niveles de organizacionales de la compañía, de modo que, en cada nivel respectivo, se estimulen las iniciativas y se logren mejoras continuas, independiente si ofrecen servicios a clientes externos, o a clientes internos de la organización.

Es necesario que cada líder de la organización establezca en su nivel, una cultura basada en:

- La motivación del personal, incentivando su sentido de equipo.
- Involucramiento del personal, que debe disponer de las competencias y la flexibilidad necesaria para tomar decisiones.
- Aprendizaje constante.
- Apoyo y motivación hacia los empleados.

3. Trabajo en equipo

En todos los niveles, el personal es la esencia de una organización, y su total compromiso con ésta permite que sus habilidades sean usadas para el beneficio de la misma. El personal es el activo más importante de cualquier compañía.

La participación, el aprendizaje continuo, el espacio para la innovación, la delegación de funciones, el reconocimiento de los méritos, y las recompensas por los progresos alcanzados, son aspectos cruciales para que los empleados puedan desarrollar todo su potencial.

Las organizaciones disponen de una amplia variedad de indicadores internos que les permiten medir los resultados alcanzados en relación con las personas de la compañía. Estos indicadores miden su grado de satisfacción, su rendimiento, el desarrollo de sus capacidades, su motivación y su grado de compromiso con la organización.

Las empresas deben incentivar a sus empleados, atender sus iniciativas en la mejora de los servicios, adaptar sus capacidades a las necesidades de los clientes, para, mejorar continuamente el clima laboral, el rendimiento de éstos, y por lo tanto aumentar la satisfacción del cliente. Una organización que funciona con calidad es una organización que ha conseguido mantener un clima laboral positivo. Su medición, y la incorporación de los índices de Clima a la política de Recursos Humanos definen una organización que pretende satisfacer las expectativas de la Ciudadanía.

Es imprescindible la participación del personal, de cualquier nivel, en todo el ciclo de desarrollo y prestación del servicio, y en el establecimiento de los planes anuales de mejora. Sin la participación de los empleados, es poco probable que las iniciativas de

mejora continua tengan éxito. Los empleados son los que mejor conocen los procesos que desarrollan, los clientes de estos procesos, y los aspectos a mejorar en el servicio que entregan, dado el conocimiento que tienen del mismo.

Es necesario implantar en la organización una cultura de trabajo basada en la confianza, en la responsabilidad, en la motivación, en la capacidad para la toma de decisiones, y en el aprecio de las personas que forman parte de la organización, con vías de comunicación abiertas y fluidas.

4. Gestión por procesos

Un resultado deseado se alcanza de manera más eficiente, cuando las actividades y los recursos relacionados con ésta se gestionan como un proceso. Los procesos son secuencias de eventos que se tiene que dar para obtener un producto o entregar un servicio determinado. Por esto, la aplicación del mejoramiento continuo en las organizaciones requiere que se dé en la organización una gestión por procesos.

Todos los productos y servicios proporcionados a los clientes por una Organización son el resultado de la ejecución de uno o varios procesos, de donde se deduce la importancia de los mismos dentro de una estrategia de satisfacción de los clientes. La norma ISO 9001 promueve la adopción, en las organizaciones, de un enfoque basado en los procesos, para así aumentar la satisfacción del cliente.

Se trata de ver la compañía como un conjunto de procesos, en lugar de una serie de áreas con funciones especializadas. La estructura organizacional de una empresa debe sustentar dichos procesos.

El modelo PEPSC (Proveedores, Entradas, Procesos, Salidas, Clientes) establece que se hace necesario visualizar el proceso general en subprocesos, y diferenciar claramente cuál es el proveedor y cliente en cada uno. Además, dicho subproceso tiene una entrada y una salida, que se espera cumplan con los criterios de aceptación indicados. Son los clientes los que entregan los criterios de aceptación de las salidas. Por lo tanto, hay que estar constantemente midiendo la calidad de las salidas de los subprocesos, para que se cumpla la satisfacción del cliente.

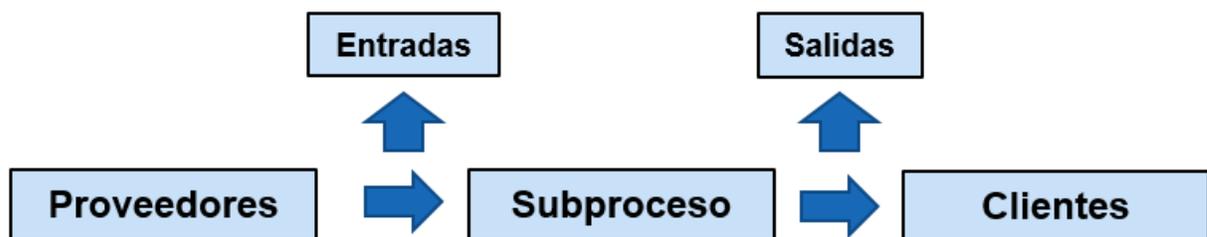


Figura 3: Diagrama modelo PEPSC (Fuente: Elaboración propia).

5. Toma de decisiones basada en datos

Las decisiones eficientes se basan en el análisis de los datos y la información. Para establecer el mejoramiento continuo en una organización, es clave la realización de mediciones, por lo que es necesario implementar una cultura de medición. Sólo es mejorable aquello que se puede medir. Sin embargo, no basta sólo con eso, a partir de las mediciones se deben obtener datos e indicadores de rendimiento. A partir de los cuales, se toman las decisiones. Para esto, en todos los niveles respectivos deben estar claramente definidos los indicadores claves a considerar, para realizar el seguimiento de éstos.

6. Relaciones mutuamente beneficiosas con los proveedores

Una organización y sus proveedores son interdependientes, y una relación mutuamente beneficiosa aumenta la capacidad de ambos para crear valor útil para los clientes de la organización. Una compañía depende en gran medida de su cadena de abastecimiento para generar su producto o servicio, y lograr la satisfacción del cliente. Por lo tanto, para evitar variaciones en la calidad de sus salidas, es clave el establecimiento de relaciones mutuamente beneficiosas con sus proveedores, que involucren un espectro de largo plazo.

7. Cultura de innovación

Como complemento al mejoramiento continuo, la alta dirección debe considerar cambios radicales en los procesos, de tal manera de mejorar el desempeño de la organización. Dentro de este contexto, la innovación es esencial si se quiere mejorar de forma constante la prestación de los productos y/o servicios, para así adaptarse a un entorno en constante evolución, por lo que es necesario crear un clima de trabajo propicio a la innovación.

La innovación está asociada al riesgo de incurrir en errores. Sólo es posible favorecer un ambiente de innovación al interior de una compañía, si se asume el riesgo que ésta conlleva. La innovación es incompatible con climas laborales que involucran crítica y represión, ya que los empleados innovadores no pueden desarrollar mejoras si existe miedo a las consecuencias que se puedan derivar de un error. Esto se produce con frecuencia en la administración de organizaciones. La innovación, por su propia naturaleza, no siempre acierta. Es fruto de una serie de prueba y error. Es necesario entonces, entender que el fracaso de una iniciativa es, en ocasiones, inevitable y forma parte del necesario aprendizaje, en un proceso de mejoramiento continuo.

2.2.1. Ciclo de Deming

Williams Deming, físico y matemático americano, trabajó en la década de 1950 en Japón como consejero del censo de este país. Sus conceptos de calidad fueron rápidamente aplicados en Japón, tanto en el área industrial, como en la alta gerencia.

El ciclo, ruta o rueda de Deming, también conocido con la denominación de ciclo de Shewart, ciclo PDCA (Plan Do Check Act) o ciclo PHVA (Planificar Hacer Verificar Actuar), es uno de los pilares fundamentales para la planificación y la mejora continua de la calidad. Este se aplica en la familia de las normas UNIT-ISO 9000, y en las demás normas sobre sistemas de gestión.

Este ciclo actúa como un espiral, ya que, al cumplir el último paso, si se requiere se vuelve a reiniciar el ciclo con la creación de un nuevo plan, dando lugar así, al comienzo de otro ciclo de mejora.

El ciclo PHVA puede describirse brevemente en 4 pasos.



Figura 4: Ciclo de Deming.

Planificar: Establecer objetivos y procesos de mejora, necesarios para conseguir resultados de acuerdo con las expectativas de los clientes y las políticas de la organización. En este paso, se debe detallar los resultados esperados e identificar los puntos de medición.

Este paso consta de las siguientes sub etapas:

- a) Análisis de la situación actual.
- b) Establecimiento de principios y objetivos.
- c) Fijación de los medios para lograr los objetivos.
- d) Adjudicación de los recursos para gestionar los medios.

Hacer: Implementar los procesos. Ejecutar y aplicar las tareas y soluciones, tal como han sido planificadas. Además, este paso involucra la documentación de las distintas acciones que se tomen.

Verificar: Realizar el seguimiento y medición de los resultados, respecto a las políticas, los objetivos y los requisitos de calidad. Documentar e informar los resultados.

Actuar: Buscar nuevas mejoras, y tomar acción para mejorar continuamente el desempeño de los procesos.

3. Descripción de la Organización

3.1. Reseña de la Compañía

Joy Global tuvo sus inicios en Milwaukee, Wisconsin. En 1884, Alonzo Pawling y Henry Harnischfeger formaron una empresa de máquinas, de tal manera de fabricar, ensamblar y dar servicio a los componentes y equipos necesarios para otras grandes empresas manufactureras de la región.

Poco después, Pawling y Harnischfeger comenzaron a construir su propia línea de grúas para operaciones de fabricación y almacén. Sin embargo, en 1893 un caos bancario hizo caer la demanda de sus grúas, a las que los clientes las llamaban "P&H". Los socios decidieron ampliar su línea de productos, con el fin de aumentar su capacidad para soportar la próxima recesión económica. Ese mismo año, P&H adquirió Gibb Electric Company, ya que querían un mayor control sobre la aplicación de motores.

Paralelamente, en Cumberland Maryland, a la edad de 12 años Joseph Francis Joy trabajó como minero en una mina de carbón. En 1903, el joven de 20 años estaba aprendiendo ingeniería mecánica y buscando ideas para mecanizar el proceso de minería de carbón. No fue hasta 1916, cuando Pittsburgh Coal Company vio en sus diseños las ganancias en productividad que podrían ser obtenidas invirtiendo en el cargador frontal que proponía Joy. Tres años más tarde, Joy obtuvo una patente estadounidense en su dispositivo y lanzó Joy Mining Machinery.

En Milwaukee, la empresa Pawling & Harnischfeger (P&H) se hizo conocida como Harnischfeger Corporation después de la muerte de Alonzo Pawling en 1911. A mediados de la década de 1920, la empresa se había convertido en un gran proveedor de palas montadas sobre orugas, y grúas utilizadas en las operaciones de construcción y minería.

En 1994, Harnischfeger Industries compró Joy Mining Machinery por 700 millones de dólares. En ese entonces, Joy era un proveedor de equipos de minería subterránea con sede en Franklin, Pennsylvania. Harnischfeger se despojó de las grúas elevadoras de P&H en 1997.

En 1997, debido a la crisis de devaluación de la moneda en el sudeste de Asia, Harnischfeger Industries entró en bancarrota.

Joy Global se convirtió en el sucesor directo de Harnischfeger Industries, al surgir del proceso de reestructuración financiera en Julio del 2001. Joy Global siguió adelante como proveedor de soluciones de soporte y servicio de equipos, para la minería global a través de sus filiales:

1. P&H Mining Equipment, concentrándose en operaciones de minería de superficie.
2. Joy Mining Machinery, enfocándose en operaciones de minería subterránea.

En 2011, Joy Global adquirió LeTourneau Technologies, la unidad de negocio de equipos de minería y sistemas de perforación de Rowan Companies. La adquisición amplió el alcance de Joy Global, añadiendo cargadores frontales de alta capacidad LeTourneau para operaciones de minería. Más adelante ese mismo año, Joy Global se despojó del negocio de productos de perforación de LeTourneau.

El mismo año, Joy Global adquirió parte importante de International Mining Machinery Holdings. International Mining es uno de los mayores fabricantes de equipos para extraer carbón de minas subterráneas. La adquisición de International Mining proporcionó a Joy Global un mayor acceso al mercado chino de maquinaria de minería de carbón.

En 2014, debido a la baja del mercado del carbón Joy Global completa la adquisición de Mining Technologies International (MTI), cuyas fábricas se encuentran en Sudbury, Canadá. Con dicha transacción, Joy Global se adentró en el mercado de equipos mineros para minería subterránea Hard Rock.

Posteriormente en 2015, para potenciar aún más el área de minería subterránea Hard Rock, Joy Global completó la adquisición de Montabert, empresa especializada en diseño, producción y distribución de perforadoras hidráulicas, neumáticas y sus componentes y partes.

El 21 de julio de 2016, Komatsu acordó comprar Joy Global por 2,89 mil millones de dólares. La adquisición fue terminada el 5 de abril de 2017, formándose así Komatsu Mining Corp¹.

¹ Fuente: <https://mining.komatsu/company/komatsu-acquisition>



Figura 5: Línea de Productos Komatsu Mining Corp.

3.2. Antecedentes del Área

Minería Subterránea – Hard Rock es el área de Komatsu Mining Corp. encargada de dar soluciones, prestar equipos y servicios a las operaciones mineras subterráneas.

El área ofrece un extenso conjunto de productos, y equipos para minería subterránea en roca dura, que incluyen jumbos hidráulicos, perforadoras roto-percutoras, LHDs, camiones de bajo perfil, entre otros.

La línea completa de jumbos de perforación para producción y desarrollo, pensados para trabajos pesados de minería y de desarrollo de túneles, utiliza derivados de la serie Montabert HC y controles de perforación Intelsense.

El área realiza el servicio de conversión de otros jumbos, instalándoles así perforadoras Montabert. Además, se cuenta con un taller especializado para la reparación de perforadoras, y se proveen repuestos para éstas.

La extensa línea de LHDs, cuenta con una amplia variedad de capacidades de carga nominal, y es ideal para aplicaciones de vetas angostas. Por su parte, los camiones están diseñados para el mantenimiento a nivel del suelo.

Adicionalmente, el área ofrece una línea completa de herramientas para Raise Boring, y el servicio de reparación de éstas con un taller especializado.

El objetivo de Minería Subterránea – Hard Rock es posicionarse en el mercado, con una amplia participación de mercado. Ofreciendo así un servicio de soporte de clase mundial, más allá de cualquier frontera.



Figura 6: Equipo de Trabajo Hard Rock.

3.3. Estructura Organizacional

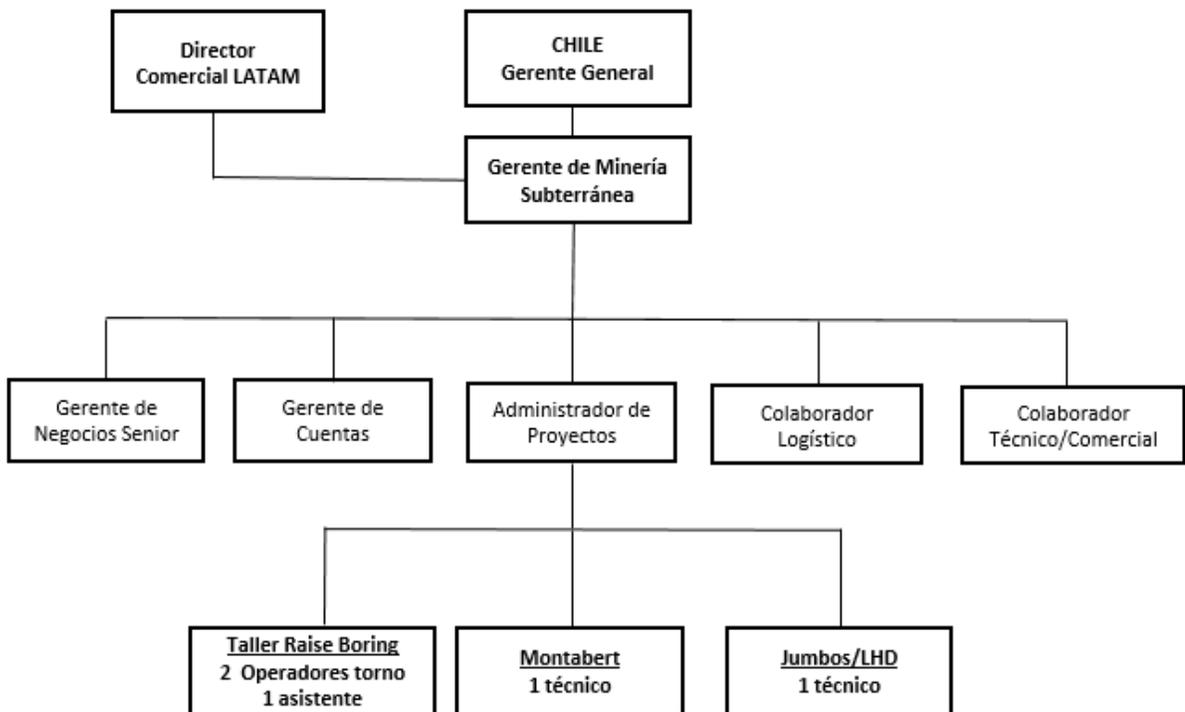


Figura 7: Organigrama Minería Subterránea – Hard Rock.

Como se observa en el organigrama del área (Figura 7), la gerencia de Minería Subterránea depende de la gerencia general local y de la dirección comercial de la Región Latinoamericana.

Cabe destacar que, gran parte del equipo posee roles orientados a aumentar las ventas y servicios del área, aspecto crucial debido al período de inserción al mercado que atraviesa el área.

Respecto al área técnica, ésta está liderada por un administrador de proyectos, algunos de los técnicos trabajan en el taller de Raise Boring, otro en el taller Montabert, y el restante está destinado a prestar soporte en faena.

4. Análisis Externo

4.1. Caracterización de la Minería Subterránea Chilena

Durante décadas, Chile ha sido el principal productor de Cobre del mundo, generando el 26,8% del cobre mundial, equivalente a aproximadamente 5,55 millones de toneladas de cobre fino.

Cabe destacar que, a largo plazo dicha posición puede estar en riesgo ya que, durante el último decenio, el resto de los productores importantes aumentó su producción considerablemente. China la aumentó en un 114% y Perú en un 37%, mientras que Chile viene disminuyendo su producción desde el año 2013 hasta el año 2016, de 5,78 a 5,55 millones de toneladas de cobre fino, tendencia bajista que sigue hasta la fecha.

La clasificación de la minería en Chile varía según el organismo que realice la clasificación. Sin embargo, es de común acuerdo que en Chile existen tres tipos de minería, su división en base a la cantidad de mineral procesado es la que sigue:

1. Gran minería: Incluye todas aquellas operaciones que poseen una producción superior a 16 mil toneladas de mineral al día.
2. Mediana minería: Corresponde al conjunto de operaciones cuya producción supera las 300 toneladas de mineral por día, pero que está por debajo de las 16 mil toneladas día.
3. Pequeña minería: Incorpora todas aquellas faenas que tienen una producción inferior a 300 toneladas de mineral al día.

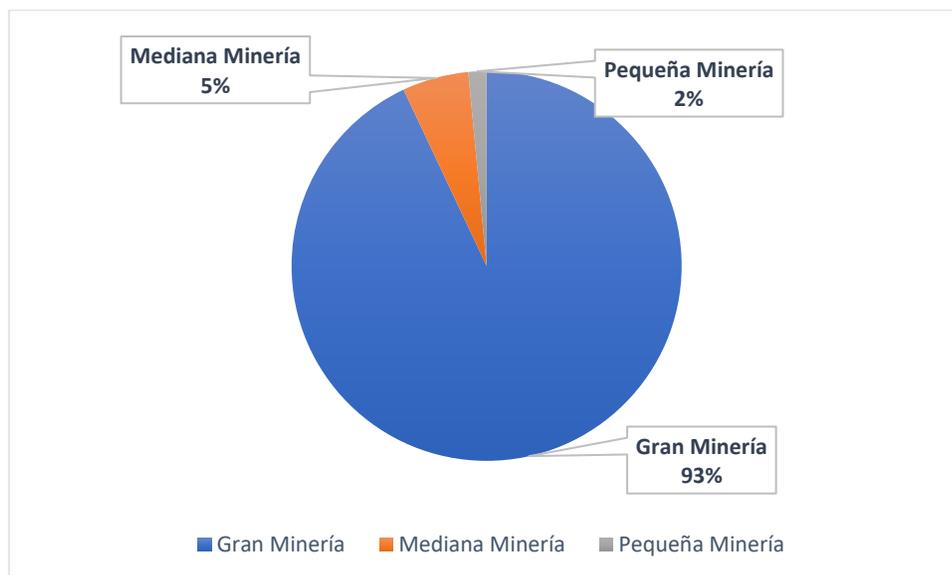


Figura 8: Desglose de producción de cobre en Chile año 2015 (Fuente: Zablocki, 2016).

Tal como se ve en la Figura 8, el porcentaje de producción de la mediana minería es bajo en relación con el de la gran minería. Además, dicha relación de producción entre la gran

y mediana minería es baja en relación con el resto de la región latinoamericana, por ejemplo, en Perú el 25% de la producción de cobre proviene de la mediana minería.

Debido al mercado objetivo y a la base de clientes del área Hard Rock, en lo que sigue se describe con mayor detalle, tanto la gran minería como la mediana minería de Chile.

4.1.1. Gran Minería

Esta clasificación engloba en mayor medida a faenas de rajo abierto, esto se debe a la masividad de dicho método. De hecho, las únicas minas subterráneas que se incluyen en esta categoría son las que poseen métodos masivos de hundimiento. Tales como las minas subterráneas pertenecientes a las divisiones de El Teniente, Andina y El Salvador, que forman parte de Codelco. Lo anterior, es debido a que los métodos de Panel y Block Caving corresponden a métodos de explotación a gran escala.

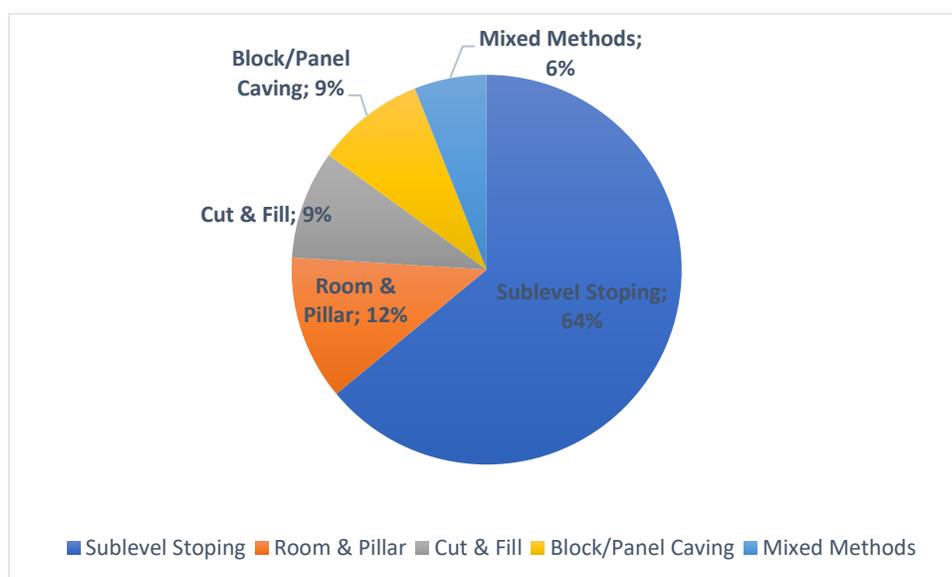


Figura 9: Distribución de minas subterráneas en Chile según método de explotación (Fuente: Zablocki, 2016).

Cabe destacar que, el conjunto de dichas minas subterráneas solo representa el 9% de las minas subterráneas locales, sin embargo, engloba el 67% de la producción total de esa categoría, lo que equivale a 115 millones de toneladas de mineral al año. Tal como se muestra en la figura, el método Sublevel Stopping es el más utilizado por las minas subterráneas locales, y dicho grupo genera el 28% de la producción total².

Se espera que, en los años venideros se incorporen nuevos proyectos subterráneos a la gran minería, tales como Chuquicamata Subterráneo, Andina Panel III Inferior, Nuevo Nivel Mina³. Gran parte de éstos son proyectos de reposición de la capacidad de producción. En la Figura 10, se adjunta su producción cobre fino actual (año 2016).

² Fuente: Zablocki, 2016.

³ Fuente: Presentación "Inversión Minera en Chile-Catastro de Proyectos 2017-2026".

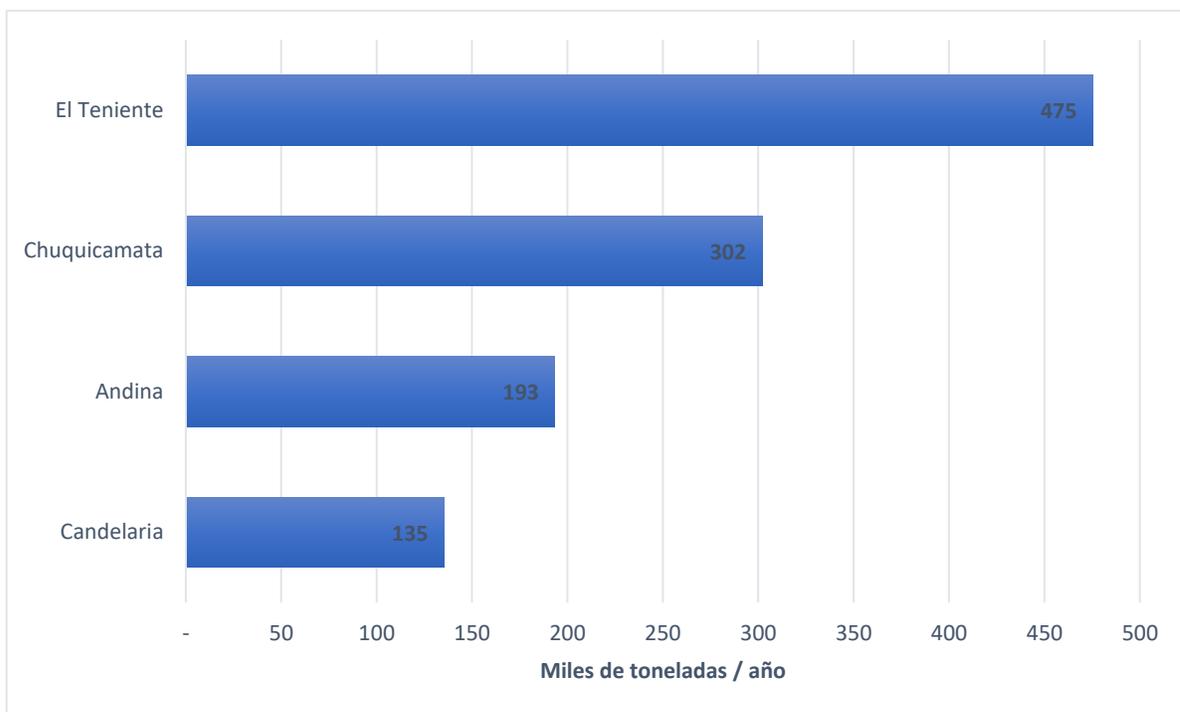


Figura 10: Producción de cobre fino de las minas con proyectos Subterráneos pertenecientes a la gran minería chilena (Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Cochilco 2016).

4.1.2. Mediana Minería

Esta categoría, al ser un sector compuesto por minas con menores niveles de producción, desaprovecha las economías de escala, y por lo tanto incurre en mayores costos de producción. Lo anterior señalado, quedó de manifiesto en el informe de la mediana minería de Cochilco del año 2016. Según el estudio, el cash cost (C1) promedio de este sector bordea los 2 US\$/lb, con una dispersión muy alta, y con máximos que superaron los 3 US\$/lb en varios períodos. En la Figura 11, se observa lo descrito y el contraste de cash costs entre ambos sectores.

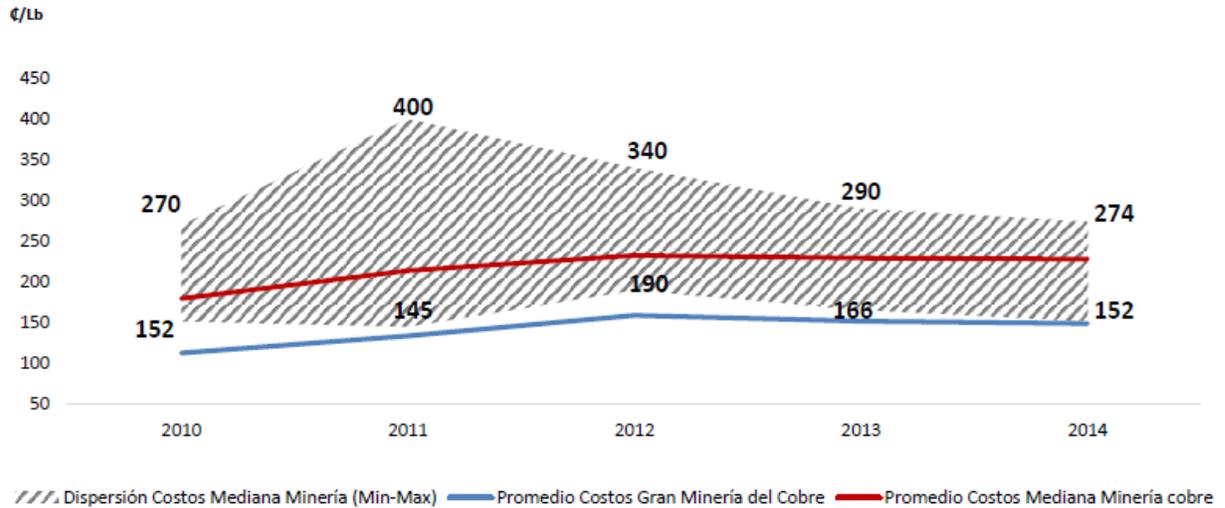


Figura 11: Evolución de costos en la mediana minería del cobre C1 (Fuente: Informe de Mediana Minería Cochilco).

Según ese mismo informe, la mediana minería tiene repercusiones positivas en la economía, ya que representa una fuente de trabajo para más de sesenta mil personas. Además, tal como se muestra en la Figura 12, su nivel de exportación ha equiparado al de otros importantes sectores como el de la celulosa y el salmón. Sin embargo, la importancia de este sector, según la ministra de minería, radica en que las utilidades se quedan principalmente en el país ya que se reinvierten en minería o en otros sectores de la economía nacional como agricultura y construcción.

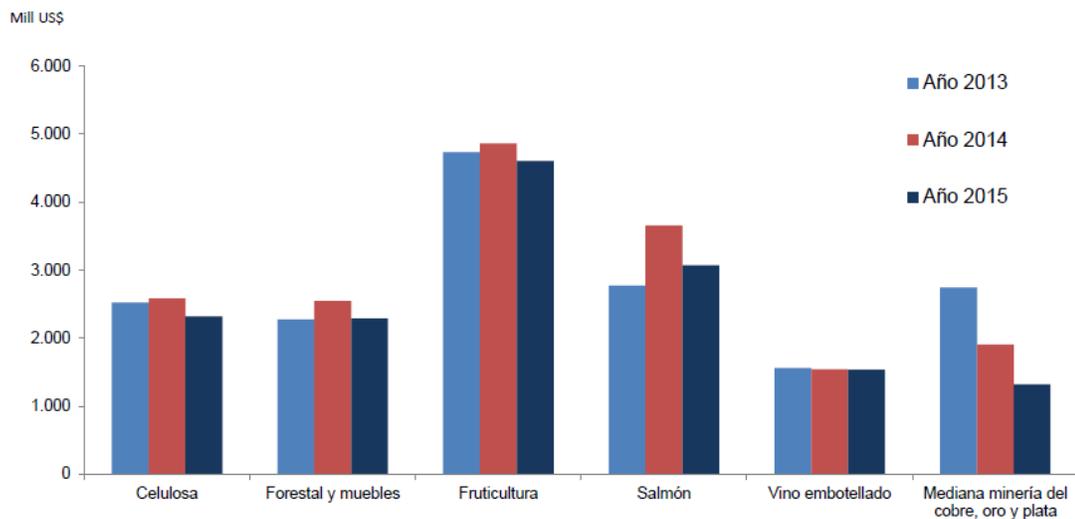


Figura 12: Exportaciones por sector económico (Fuente: Informe de Mediana Minería Cochilco).

Por su parte, la Enami (Empresa Nacional de Minería), tiene un rol clave para este sector de la minería, ya que impulsa la creación de condiciones efectivas para el desarrollo

sustentable, tanto de la pequeña como de la mediana minería en Chile, de manera tal de contribuir a la competitividad de las mineras de estos sectores.

La Enami realiza el fomento a través de cuatro vías principales:

1. Financiamiento en reconocimiento de reservas.
2. Asesorías en la preparación y evaluación de proyectos.
3. Soporte a través de capacitaciones técnicas, al igual que en temas de seguridad y medio ambiente.
4. Asignación de recursos crediticios para apoyar la puesta en marcha de proyectos.

Como medidas adicionales para enfrentar periodos de precios bajos del commodity, la entidad estatal apoya a los medianos productores con créditos de sustentación, renegociaciones y créditos, dichas herramientas son fundamentales para la continuidad operacional del sector.

A continuación, en la Figura 13 se adjunta la tasa de producción anual de cobre de las principales minas medianas subterráneas.

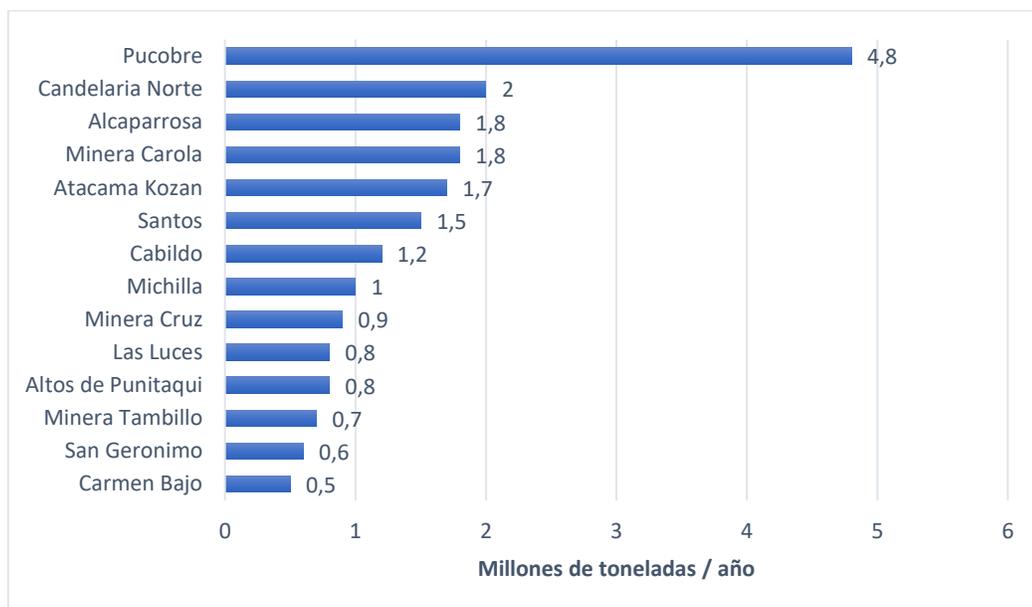


Figura 13: Producción de cobre de minas subterráneas medianas más importantes (Fuente: Zablocki, 2016)

4.2. Análisis de Necesidades

Las operaciones mineras subterráneas llevan a cabo varias operaciones unitarias por día, y frecuentemente se ven enfrentadas a problemas tanto operacionales como administrativos. Algunos de sus principales problemas son:

- Altos costos operacionales: Las empresas mineras han hecho un esfuerzo importante por reducir los costos en nuestro país, estos esfuerzos han sido fructíferos debido a la baja de precios de energía, combustibles, insumos importados, entre otros. Sin embargo, aún existen brechas y espacios de mejora que cubrir⁴.
- Downtimes excesivos: Generalmente se provocan por fallas imprevistas en equipos con servicios de mantención ineficientes, y afectan directamente a la disponibilidad mecánica del equipo.
- Restricciones presupuestarias y problemas de liquidez: Afectan tanto a la gran minería como a la mediana minería. Sin embargo, situaciones de desfase entre ingresos y egresos son más comunes en el segundo sector.
- Altos índices de accidentabilidad: Cabe destacar que, el índice de fatalidad en minería subterránea es superior al de minería de superficie. Si bien este año 2017 ha disminuido la tasa de accidentes fatales con respecto a períodos anteriores, aumentó el número de accidentes incapacitantes⁵.
- Baja productividad de equipos: La productividad es un aspecto clave para sostener menores costos de operación al largo plazo.

A partir de lo anterior, las operaciones mineras tienen las siguientes necesidades:

Tabla 1: Listado de necesidades operaciones mineras subterráneas.

Confiabilidad de equipos y componentes.
Servicios de mantención expeditos y con capacidad de respuesta.
Opciones de pago y diversidad de servicios.
Flexibilidad en fechas de pago.
Equipos seguros para operar y mantener.
Características de equipos adecuada: capacidad, dimensiones, motor, comfort, etc.
Tiempo de entrega oportuno.

⁴ Fuente: Presentación “Una Mirada Desde los Costos” Cochilco 2016.

⁵ Fuente: Informe “Accidentabilidad Minera Segundo Trimestre 2017” Sernageomin.

4.3. Análisis Registro de Importaciones

El registro de importaciones representa una medida indirecta de la demanda del mercado de equipos para minería subterránea. Lo anterior se debe a que, las compañías importan equipos por tres razones principales: venta, arriendo y reposición de stock.

Además, el registro permite establecer los distintos requerimientos de LHDs, jumbos y dumpers en la industria minera local, identificando las tendencias y permitiendo establecer las participaciones de mercado y los líderes de los distintos mercados.

Durante los últimos años, se ha visto un alza en la oferta de equipos mineros, debido en parte a la gran inserción de equipos de manufactura china al mercado, los que se diferencian por sus precios.

En la Figura 14, se observa que el aumento en el tamaño del mercado coincide con alzas en el precio promedio del cobre. En la misma figura, se muestra el tamaño del mercado del año 2017 acumulado al tercer cuatrimestre y el precio del cobre promedio previsto⁶, tomando en cuenta el repunte que ha reportado el commodity este año, se espera un repunte del mercado de equipos subterráneos.

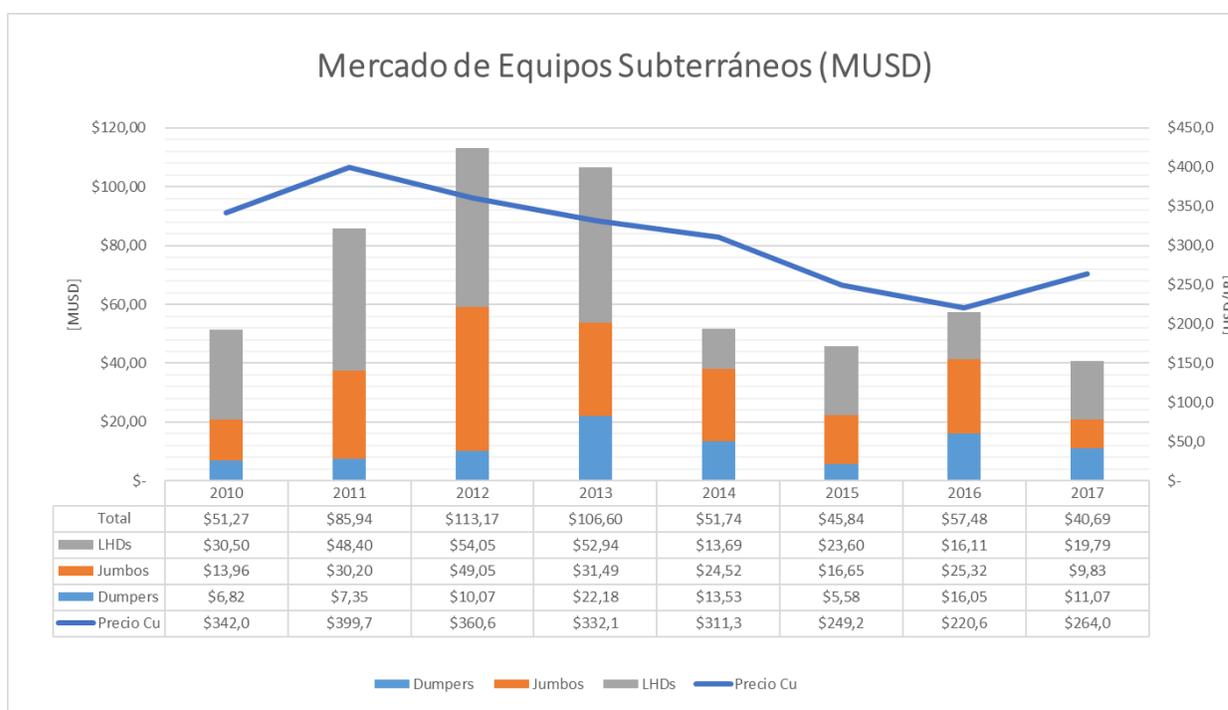


Figura 14: Mercado de equipos mineros subterráneos 2010-2017 (Fuente: Elaboración propia a partir de data de Ecomex y Cochilco)

⁶ Fuente: <https://www.cochilco.cl/Paginas/Sala-de-Prensa/Noticias.aspx?ID=167>

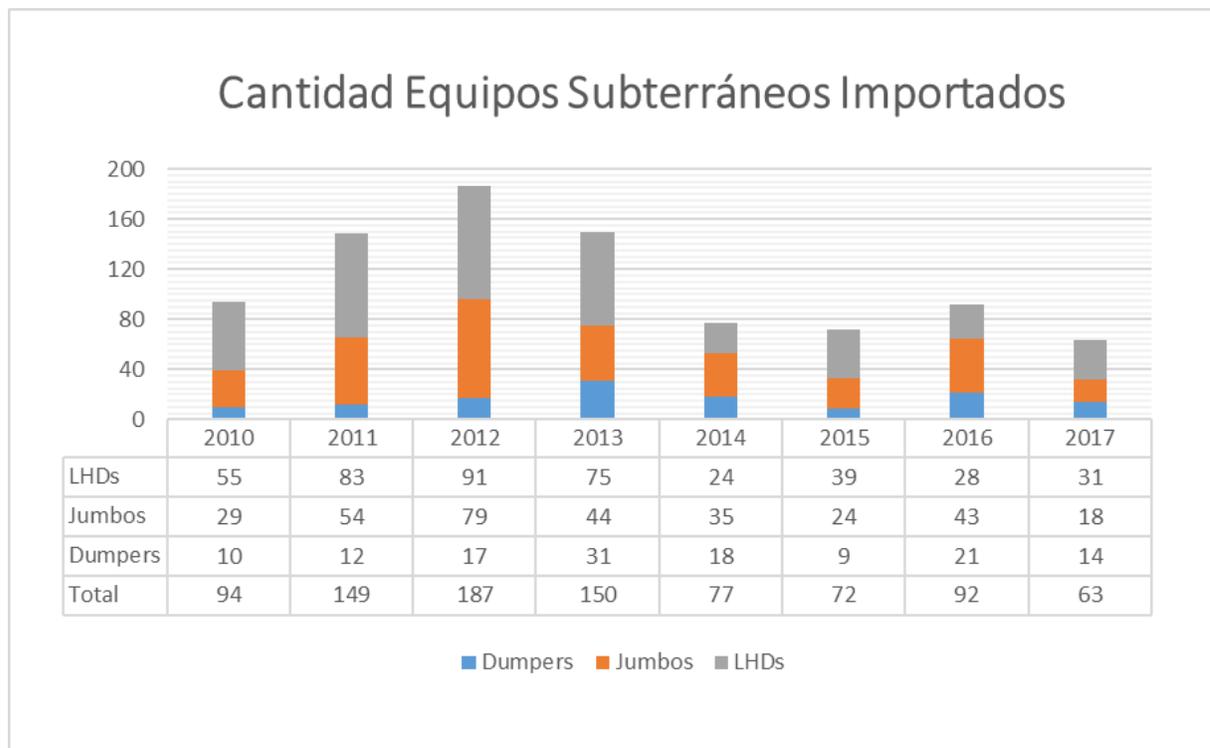


Figura 15: Cantidad de equipos mineros subterráneos importados 2010-2017 (Fuente: Elaboración propia a partir de data de Ecomex)

En la Figura 15, se vislumbra el número de equipos importados desde el año 2010 hasta el tercer cuatrimestre del año 2017, separado por categorías: LHDs, jumbos y dumpers. Históricamente, los equipos más importados han sido LHDs y jumbos, esto debido principalmente a que poseen diversos usos y a que tienen menor vida útil que los dumpers.

Luego de realizado un acabado estudio de mercado a partir de la información del registro de importaciones, se concluye que:

- El mercado de LHDs de 10 toneladas se encuentra totalmente consolidado en Chile. Sin embargo, se advierte una importante tendencia hacia los LHDs de gran capacidad, esto debido a su compatibilidad con métodos de explotación de socavación a gran escala.
- Existe una brecha en el mercado de LHDs, jumbos y dumpers para vetas angostas.
- Resalta el mercado de jumbos de dos brazos, y hay una tendencia marcada a jumbos de tres brazos.
- El mercado de dumpers de gran capacidad está creciendo (> 50 ton).

4.3.1. Forecast Mercado de Equipos Subterráneos

Un aspecto clave en la definición y/o redefinición de la estrategia comercial a seguir en cualquier área, es la de saber cómo se comportará el mercado a mediano y largo plazo. Dado lo anterior, en este apartado se proyecta la demanda de equipos LHDs, jumbos y dumpers al año 2022.

Para realizar lo descrito, en primera instancia se hace uso de la demanda de año anteriores, presentada en el numeral precedente. Con esa información se utilizan regresiones para proyectar una “demanda base” al año 2022. Dicha demanda se denomina “demanda base proyectada”, ésta refleja la tendencia del mercado, y la demanda por reposición de equipos.

Lo anterior, no es suficiente para alcanzar una proyección robusta, debido a la puesta en marcha de nuevos proyectos mineros subterráneos. Por lo que, se dimensionan los equipos asociados a los nuevos proyectos implementados en dicho año (2022). Para esto, se tiene como marco de referencia el informe de Cochilco “Inversión en minería – Cartera de Proyectos 2017 – 2026”. Dicha demanda adicional determinada será llamada “demanda dimensionada”. Dado lo anterior, se tiene la Ecuación 1.

$$\text{Demanda Proyectada}_{\text{año } i} = \text{Demanda base proyectada}_{\text{año } i} + \text{Demanda dimensionada}_{\text{año } i}$$

Ecuación 1: Demanda proyectada

Es importante notar que, como esta predicción se basa en el informe de Cochilco, tiene asociadas las siguientes consideraciones:

- Considera proyectos a materializarse dentro del próximo decenio: 2017–2026.
- Involucra proyectos sólo con inversiones superiores a los US\$70 millones de dólares.
- Considera iniciativas que al menos tengan una prefactibilidad iniciada a la fecha, y que materialicen inversión dentro del próximo quinquenio.
- La cartera de proyectos catastrada por Cochilco agrega una variable no añadida por otras compilaciones de proyectos, que corresponde a la condicionalidad de las inversiones, lo que permite analizar de mejor manera los proyectos en carpeta de las distintas compañías que realizan minería en Chile.

La condicionalidad de los proyectos se asocia a diversas variables que, al relacionarlas entre sí, permiten dar una estimación de la probabilidad de materializarse dentro de los plazos establecidos por los propietarios del proyecto. Entre esas variables se encuentran:

- a) Tipo de proyecto: Reposición, expansión o nuevo.
- b) Etapa de avance: En ejecución, factibilidad o prefactibilidad.
- c) Tramitación en el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA): Resolución de Calificación Ambiental (RCA) aprobada, Estudio de Impacto Ambiental (EIA) o Declaración de Impacto Ambiental (DIA) en trámite, y EIA o DIA no presentada.

d) Puesta en marcha: En el periodo (2017 – 2021) o fuera del periodo (2021–2026).

Surgen entonces, cuatro condiciones posibles para los proyectos de inversión: proyectos base, probables, posibles y potenciales (Figura 16).

Condición	Tipo proyecto	Etapas de avance	Trámite SEA	Puesta en marcha
BASE	Cualquiera	Ejecución	RCA aprobada	Cualquiera
	Cualquiera	Ejecución suspendida	RCA aprobada o en reclamación judicial	En el período
PROBABLE	Cualquiera	Factibilidad	RCA aprobada	En el período
	Reposición o Expansión	Factibilidad	EIA o DIA en trámite	En el período
	Reposición o Expansión	Factibilidad suspendida	EIA o DIA en trámite	En el período
POSIBLE	Reposición o Expansión	Factibilidad	EIA o DIA no presentada	En el período
	Nuevo	Factibilidad	EIA o DIA en trámite o no presentada	En el período
	Cualquiera	Factibilidad	RCA aprobada	Fuera del período
	Reposición o Expansión	Factibilidad	EIA o DIA en trámite o no presentada	Fuera del período
	Cualquiera	Factibilidad suspendida	Cualquiera	Fuera del período
POTENCIAL	Nuevo	Factibilidad	EIA o DIA en trámite o no presentada	Fuera del período
	Cualquiera	Prefactibilidad	Cualquiera	Cualquiera

Figura 16: Condicionalidad de los proyectos de Inversión (Fuente: Cochilco).

Siguiendo la metodología de dicho estudio, los proyectos con mayor probabilidad de materialización corresponden a aquellos en condición base y probable. Por otro lado, los proyectos con menor probabilidad de materialización son proyectos en condición posible y potencial.

Para la predicción realizada en este numeral, se consideran sólo aquellos proyectos mineros subterráneos con mayor probabilidad de materialización. Los proyectos que cumplen con todos los requisitos que se han establecido en esta metodología son: el proyecto Nuevo Nivel Mina de División El Teniente, y el proyecto Chuquicamata Subterránea de División Chuquicamata.

Cabe destacar además que, todas las regresiones realizadas para la estimación de las “demandas base proyectadas” se llevan a cabo a partir de la situación del mercado del año 2014. Esto debido a que, como se ve en la Figura 14, en dicho año se marca el inicio de un nuevo ciclo en el mercado de los equipos mineros subterráneos.

Como antesala, es importante recalcar que, en general los modelos de estimación de demanda tienen coeficientes de determinación paupérrimos.

Para la estimación de la cantidad de scoops en el mercado de LHDs, se utiliza una regresión potencial ya que tiene un coeficiente de determinación asociado de 0,2. Menor al otro tipo de regresiones (Figura 17).

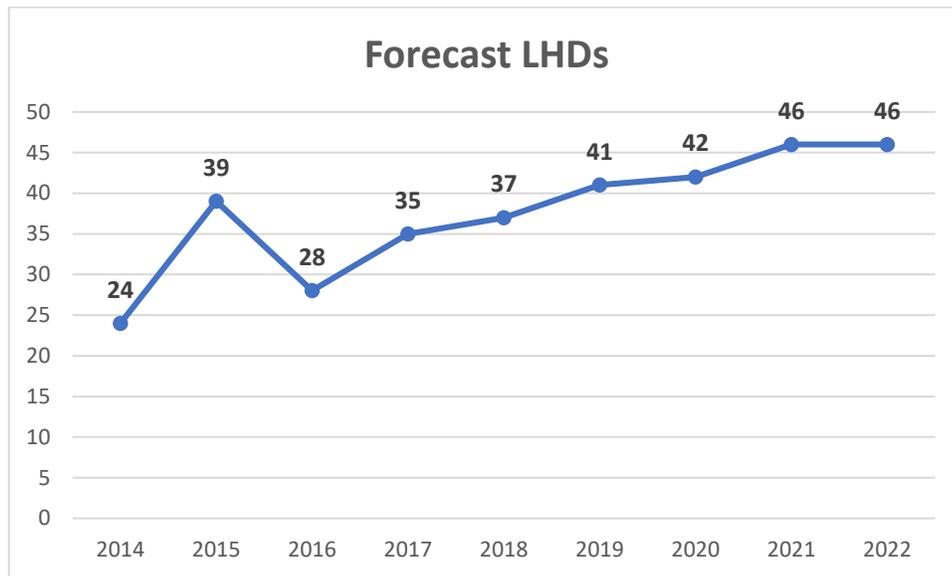


Figura 17: Predicción de la cantidad de LHDs en el mercado chileno (Fuente: Elaboración propia).

Por otra parte, para la predicción de jumbos que habrá en el mercado, se utiliza una regresión lineal, ya que tiene un coeficiente de determinación asociado de 0,18. (Figura 18).

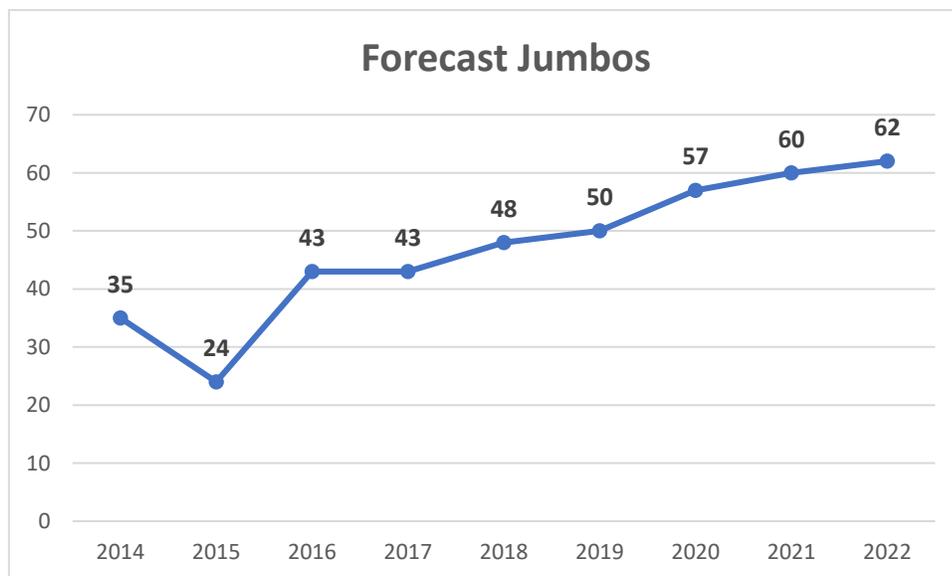


Figura 18: Predicción de la cantidad de jumbos en el mercado chileno (Fuente: Elaboración propia).

Finalmente, para la estimación de dumpers, se lleva a cabo una regresión lineal con un coeficiente de determinación de 0,06 (Figura 19).

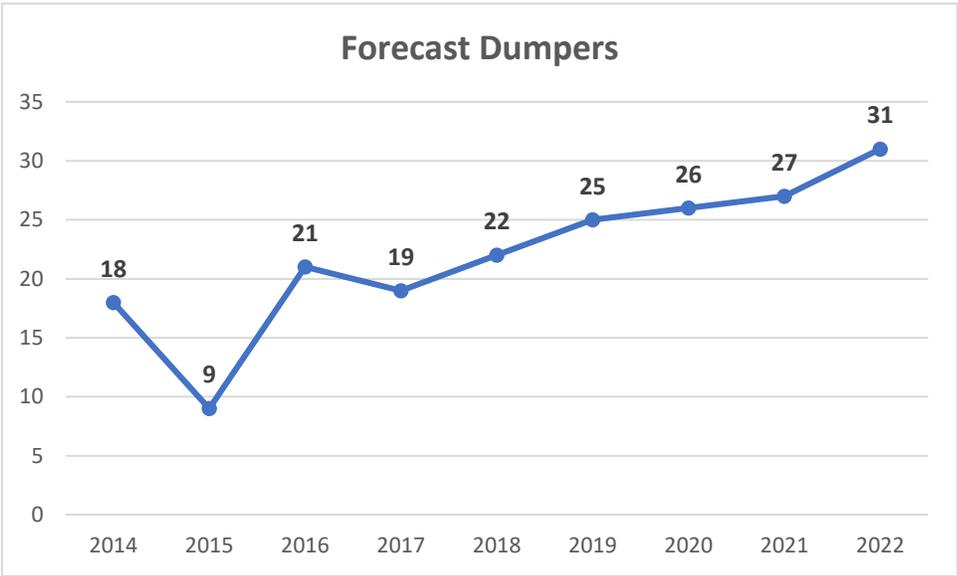


Figura 19: Predicción de la cantidad de dumpers en el mercado chileno (Fuente: Elaboración propia).

Con la información de las figuras 17, 18 y 19, y con los precios promedio del año 2017 de equipos LHD, jumbos y dumpers, se lleva a cabo una estimación del tamaño de mercado de equipos subterráneos (Figura 20).

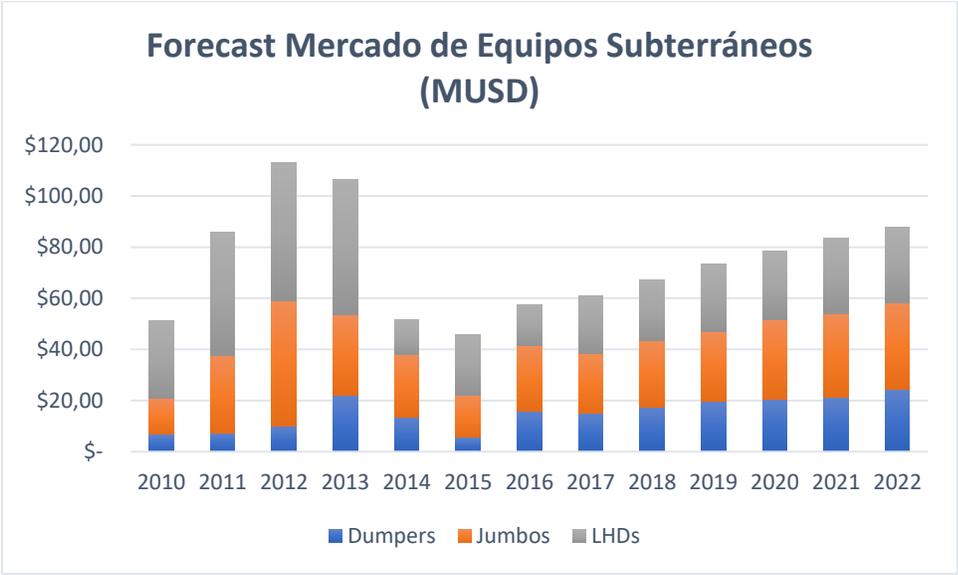


Figura 20: Predicción del tamaño de mercado de equipos subterráneos (Fuente: Elaboración propia).

5. Análisis FODA

El FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) es una herramienta que nace a inicios de la década de los setenta. Sin duda, ésta ha provocado un quiebre en el estudio de estrategias empresariales, y es muy usada en gestión empresarial en el diseño de la planificación estratégica. Se utiliza para determinar las ventajas competitivas de una organización y las estrategias a utilizar, tomando en cuenta las características internas de éstas como las características del entorno que la rodean.

Dentro de éste, se diferencia entonces el estudio de los factores internos de una empresa: fortalezas y debilidades; y, por otra parte, el estudio de los factores externos: las oportunidades y amenazas. Si se aplica correctamente, la organización o el área en cuestión puede tomar ventaja de las oportunidades presentes en un determinado mercado, y enfrentar las amenazas presentes. Por lo tanto, tener claro cuáles son las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas de una empresa es importante para definir la mejor estrategia para alcanzar la visión de la misma.

En la Tabla 2 se muestra el Análisis FODA para el área de Minería Subterránea Hard Rock.

Tabla 2: Análisis FODA Minería Subterránea Hard Rock (Fuente: Elaboración propia).

	Fortalezas	Debilidades
Factores Endógenos	F1: Calidad y variedad de línea de productos: Joy, Montabert, etc.	D1: Aún baja presencia en el Mercado (línea Joy).
	F2: Desarrollo constante de nuevas tecnologías.	D2: Bajo stock de algunos componentes, bajo nivel de sinergias.
	F3: Servicios de mantención de clase mundial en minería a cielo abierto.	D3: Proceso de integración que atraviesa la compañía.
	F4: Empresa de clase mundial.	
	Oportunidades	Amenazas
Factores Exógenos	O1: Alza de precio del cobre y de las proyecciones de este.	A1: Alto nivel de competencia.
	O2: Proyectos mineros subterráneos grandes en desarrollo.	

5.1. Fortalezas

Una de las principales fortalezas del área, es su variada oferta de productos. La línea de productos Joy está diseñada para las condiciones de la minería subterránea en roca dura, ésta incluye:

- Equipos de carguío y transporte: LHDs y dumpers.
- Equipos de perforación Jumbo.
- Insumos para Raiseboring.

Todos los equipos están diseñados específicamente para facilitar su uso y mantención, con indicadores de operación simples y una estructura resistente de larga duración, permitiendo los costos totales de funcionamiento más bajos posibles, que incluyen bajos costos de capital.

Los diseños de la línea Joy ofrecen confiabilidad y una larga vida útil de sus componentes robustos. Con respecto a la mantención, éstos incluyen varias características clave que reducen los tiempos y costos de mantención, como, por ejemplo:

- Diseño de mantención a nivel del suelo para eliminar la necesidad de escalar.
- Sistema de lubricación centralizada.
- Diseño mecánico sencillo, aislamiento de componentes calientes para evitar quemaduras.

Además, los equipos ofrecen gran productividad en su clase, debido a que: alcanzan velocidades de desplazamiento que minimizan los tiempos de ciclo, y sus controles son simples y fáciles de aprender a usar.

Para el caso particular de los jumbos, su valor agregado radica en:

- Mayor cobertura de la frente.
- Sistema de control de perforación Intelsense, que incluye mecanismo anti-atasco.
- Incluyen perforadoras Montabert.

La línea de perforadoras Montabert es líder en la industria. Esta proporciona los costos por metro perforado más bajos del mercado, una mayor disponibilidad, velocidades de perforación más altas y el nivel de ruido más bajo. La línea incluye perforadoras para aplicaciones de avance, empernado y producción. Además, éstas ofrecen diámetros de perforación de 45 a 102 milímetros.

Con respecto a los servicios de mantención, el área Hard Rock posee variadas modalidades, algunas de estas son:

- Venta directa de equipos con servicios de mantención con cobros en función de las horas de operación de motor de los equipos u metros barrenados de las perforadoras, según sea el caso.
- Arriendo con opción de compra, este servicio incluye la mantención, mano de obra y componentes.
- Servicios de reparación para perforadoras Montabert e insumos de Raise Boring.

Además, Hard Rock cuenta con la referencia del servicio de clase mundial que Joy Global impartió a lo largo de sus años de trayectoria. Una vez concretada la adquisición de Joy Global por parte de Komatsu Mining, el área pasa a formar parte de una empresa de clase mundial con presencia en más de 140 países⁷.

Komatsu Mining en el mercado de minería a cielo abierto se caracteriza por el servicio de clase mundial que entrega a todos sus clientes. Este servicio puede variar desde realizar asesorías técnicas para todos los equipos que comercializan, hasta realizar las mantenciones y reparaciones ellos mismos a través de los contratos MARC en los cuales se asegura una disponibilidad del equipo. Otro tipo de servicios que también presta es el análisis de condiciones y monitoreo del estado del equipo a través del análisis remoto de vibraciones de componentes, el cual permite detectar componentes en mal estado y poder realizar los cambios antes de que estos fallen. Todos estos servicios pueden ser traspasados a la minería subterránea a través del área Hard Rock.

Por otra parte, el área posee el respaldo de que, en la fábrica, se están constantemente destinando recursos y esfuerzos a investigación y desarrollo. Prueba de esto es el cargador LHD diésel híbrido 18HD de 18 toneladas. Es el primero en su tipo con impulsión eléctrica, y está diseñado para ofrecer una aceleración más rápida y menor consumo de combustible. Su tecnología se basa en el almacenamiento de energía cinética para guardar la energía de frenado, reduciendo así el consumo de combustible, las emisiones y el calor hasta un 33% en comparación con los cargadores convencionales (mecánicos)⁸. Adicionalmente, actualmente se encuentra diseñando un nuevo cargador de 10 toneladas, e innovadores equipos de perforación.

5.2. Oportunidades

Según el informe de política monetaria del banco central, el PIB del año 2017 crecerá entre un 1 y un 1,75%, y para el año 2018 crecerá entre un 2,5 y 3,5% debido principalmente a la recuperación de la actividad minera. Por su parte, la inflación anual se ha mantenido en 2,7% y la tasa de interés reportó una baja al 2,5%. Respecto al dólar,

⁷ Fuente: <https://digital.elmercurio.com/2017/08/10/content/pages/img/pdf/LC3798C5.pdf>

⁸ Fuente: <http://www.nuevamineria.com/revista/mineria-subterranea-de-desafios-y-oportunidades/>

éste ha tenido una baja sostenida superando mínimo del año 2015, debido al alza sostenido que ha experimentado el metal rojo, el cual ya superó la barrera de 3 dólares la libra⁹. Además, como se mencionó en numerales anteriores, hubo un alza en las proyecciones del precio del cobre de Cochilco. Todos estos factores tienen gran impacto sobre las operaciones de las empresas y su toma de decisiones. Por ejemplo, las tasas de interés afectan el costo de capital de las empresas, y éste afecta la medida que una empresa crece y se expande. Por su parte, los tipos de cambio afectan el costo de exportación de bienes, la oferta y el precio de las mercancías importadas en una economía.

Como se estableció anteriormente, las minas explotadas mediante algún método de hundimiento son las que generan la mayor producción de cobre, esto se debe a las características masivas de dichos métodos. Los proyectos de minería subterránea con mayor probabilidad de materialización son los siguientes¹⁰:

- Chuquicamata Subterráneo: Es un proyecto de reposición de la División Chuquicamata, con una producción proyectada de 140 mil toneladas de mineral sulfurado por día. Su puesta en marcha es para el año 2019.
- Nuevo Nivel Mina: Proyecto de reposición de la División El Teniente, el proyecto tiene fecha de puesta en marcha para el año 2023, y tiene una producción proyectada de 137 mil toneladas de mineral sulfurado por también producir cerca de 140 mil toneladas diarias, con la opción de poder expandirse a una producción de 180 mil toneladas en el próximo decenio.

Esta cartera de proyectos de la gran minería subterránea se traduce en un alza en la demanda de equipos mineros subterráneos, lo que sin duda representa una oportunidad para el área.

⁹ Fuente: <http://www.emol.com/noticias/Economia/2017/08/28/872960/Dolar-sufre-un-nuevo-desplome-y-toca-minimos-desde-junio-de-2015.html>

¹⁰ Fuente: Informe "Inversión en la minería chilena – Cartera de proyectos 2017 – 2026", Cochilco.

5.3. Debilidades

El área aún se encuentra en un período de inserción al mercado. Por lo que, tal como se muestra en la Figura 21, al tercer cuatrimestre del año 2017 Hard Rock logra sólo el 4% de participación del mercado de LHDs.

El ejemplo anterior, muestra que la cobertura en equipos no es amplia aún, esto genera en ciertos casos, problemas de stock de componentes para algunos equipos, debido al bajo nivel de sinergias existentes. Si bien, se cuenta siempre con el stock de repuestos recomendados por fábrica, podría darse la falla de algún componente que no se encuentre dentro de esas recomendaciones, y en general se evita el tener un stock muy amplio de repuestos inmovilizado.

Sumado a lo anterior, para algunos equipos y componentes los tiempos de entrega desde fábrica son del orden de meses, lo cual no satisface la urgencia de las operaciones mineras.

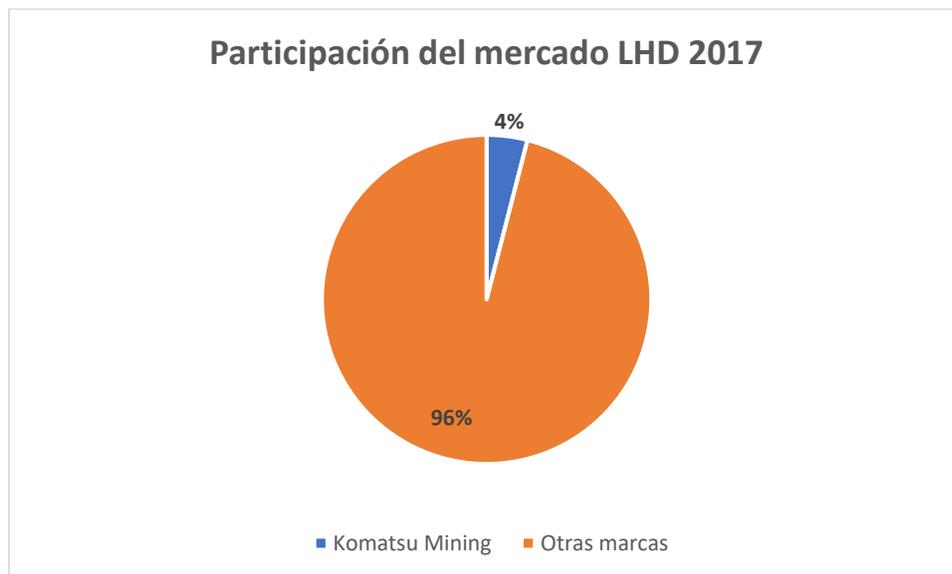


Figura 21: Participación de Komatsu Mining en el mercado de LHDs, tercer cuatrimestre año 2017 [Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Ecomex].

Dada la situación descrita anteriormente, algunas operaciones subterráneas prefieren recurrir a un proveedor que tenga el respaldo de una cobertura mayor de mercado, y por lo tanto con un mayor nivel de sinergias, que le asegure disponibilidad de todos los repuestos y componentes en todo momento.

Sumado a lo anterior, desde el año 2017 se ha llevado a cabo el proceso de integración de Joy Global a Komatsu. Komatsu se caracteriza por ser una empresa manufacturera de equipos mineros de superficie de clase mundial, sin embargo, su negocio se ha limitado solo a la minería en superficie. Por lo que aún existe cierta incertidumbre respecto

el rol que jugará el área de Minería Subterránea Hard Rock, considerando que la empresa japonesa no tiene participación de mercado en este sector.

5.4. Amenazas

Representa una amenaza para el área lo consolidada que están ciertas marcas en el mercado: Atlas Copco (líder jumbo), CAT (Finning, líder dumper) y Sandvik (líder LHD). Todas estas empresas cuentan con:

- Años de servicios en minería subterránea.
- Gran cobertura en sus mercados respectivos, y por lo tanto alto número de referencias en operaciones subterráneas locales.
- Soporte y disponibilidad de repuestos.

6. Estrategia Comercial

En este numeral se describe la estrategia comercial adoptada por el área de Minería Subterránea Hard Rock, considerando que el objetivo del área es lograr acaparar una participación de mercado de dos cifras para los próximos cuatro años.

6.1. Inserción al Mercado

En primera instancia, está contemplado realizar una fase de inserción al mercado, logrando mayor reconocimiento de los equipos Joy en el mercado. Para esto, se tiene implementado un servicio de arriendo mensual con opción de compra de los equipos. Este servicio les confiere a los clientes una serie de beneficios:

1. Test: Opción de prueba de un equipo completamente nuevo, para corroborar que las características de éste suplan las necesidades de la operación unitaria en cuestión.
2. Postergación de grandes inversiones en equipos: Fomenta la tendencia de las empresas hacia los costos variables, en desmedro de los costos fijos.
3. Flexibilidad en las formas de pago.
4. Tercerización del soporte técnico: Soporte robusto en faena por parte de Komatsu Mining, de tal modo se asegura la correcta puesta marcha del equipo y de su plan de mantenimiento. El soporte técnico incluye mantención, reparación, mano de obra, componentes y filtros, entrenamiento a mecánicos y entrenamiento a operadores.
5. Opción de compra: El cliente puede efectuar la opción de compra del equipo arrendado al final de cada año de arriendo.

Para el caso de arriendo de equipos tales como LHDs, jumbos o dumpers, este servicio considera el arriendo del equipo por horas de operación de motor, por lo tanto, el cliente no incurre en gastos si no utiliza el equipo.

Por otro lado, para el caso de las perforadoras, el arriendo considera los metros barrenados realizados, por lo que el cliente asegura el rendimiento de las perforadoras, y de la planificación de sus desarrollos.

Dado lo anterior, en ambos casos el cliente tiene garantizado su inversión en horas de producción y metros perforados respectivamente, evitando así el gasto en horas improductivas.

A pesar de lo anterior, el servicio posee ciertas restricciones del servicio, tales como:

- Período mínimo de arriendo.
- Mínimo de horas de operación mensual para los equipos.
- Mínimo mensual de metros barrenados para las perforadoras.

6.1.1. Estrategia de Precios

La estrategia de precios utilizada, en esta primera etapa de inserción al mercado, es de precios de penetración.

Este tipo de fijación de precios es muy agresiva. Cuando una empresa utiliza este método, primero establece sus precios a un nivel bajo, teniendo incluso márgenes negativos en ciertos casos, con el fin de aumentar la demanda del cliente. Lo anterior, con el fin de aumentar la participación de mercado. Posteriormente, la empresa aumenta el precio paulatinamente, esperando capturar un nivel de demanda similar de clientes que con el antiguo precio.

Este método es de los más eficaces para líneas de productos nuevas o desconocidas, según Spann, Fischer y Tellis¹¹. Con la fijación de precios por penetración y un servicio de soporte de calidad, el área Hard Rock espera ganarse la lealtad de sus clientes.

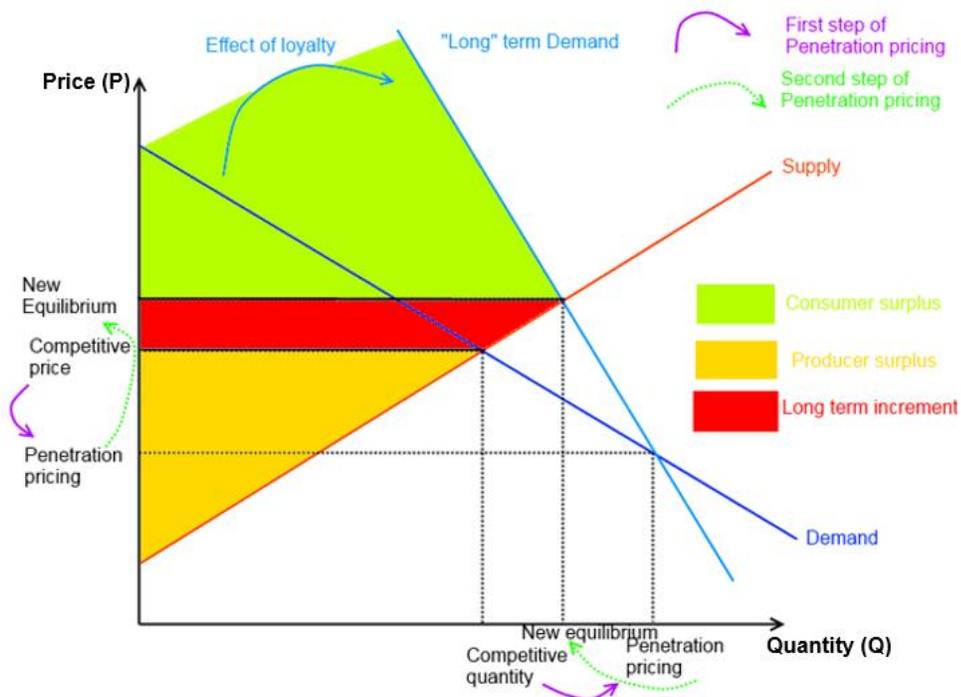


Figura 22: Efecto esperado de la estrategia de precios de inserción al mercado.

La efectividad de esta estrategia está vinculada a la elasticidad de la demanda respecto al precio. Si la demanda es elástica, la fijación de precios por penetración tiene como resultado un alto nivel de demanda cuando los precios son bajos. Sin embargo, dicho nivel de demanda podría disminuir cuando se decide aumentar los precios, lo anterior dependerá del grado de reconocimiento que haya alcanzado la marca y la lealtad que haya conseguido de parte de sus clientes.

¹¹ Fuente: <https://www.lokad.com/es/definicion-de-fijacion-de-precios-por-penetracion>

6.1.2. Clientes

Los clientes objetivo del área son compañías mineras grandes y medianas, además de contratistas importantes del rubro. El perfil de clientes se describe con mayor detalle en el numeral 4.1.

6.2. Análisis de Modelo Comercial

Como se dijo anteriormente, el servicio de arriendo con opción de compra que ofrece el área es un servicio que incluye todo lo necesario para que la operación minera pueda dar cumplimiento a sus planes mineros. Lo anterior implica el equipo, los componentes y filtros de éste, la mano de obra y la logística involucrada en el servicio de mantenimiento, entrenamiento a los operadores del equipo y entrenamiento a los técnicos adicionales que la mandante disponga, entre otros.

Desde el punto de vista del cliente, los costos involucrados en este servicio son:

- a) Depreciación del equipo: Una de las gracias de esta modalidad es que los cobros por concepto de depreciación son fijos, independiente del número de horas que se utilice el equipo. Además, cabe recalcar que la depreciación se cobra al costo, sin ningún margen de por medio.
- b) Componentes y filtros: Al igual que la depreciación, los repuestos se cobran al costo.
- c) Mano de obra y logística: Involucra todo lo que tiene que ver con costos de recurso humano y costos asociados a la cadena de abastecimiento de repuestos. Al igual que en los casos anteriores, se cobran al costo.
- d) Costos financieros: Corresponden a costos internos del área Hard Rock, asociados principalmente con tener capital inmovilizado almacenado, no involucran ningún tipo de margen adicional.
- e) Margen del servicio: Éste se cobra sobre el servicio entero, cobrándose al costo cada ítem descrito anteriormente.

Si se compara el servicio que ofrece Hard Rock con un servicio de leasing convencional, en el cual se cobra por separado el arriendo del equipo, los repuestos y el resto de los ítems. Se constata que, en el modelo propuesto por el área el margen se aplica sobre el servicio entero, en cambio en un servicio de leasing convencional se tiene que:

- 1) El arriendo del equipo involucra el cobro de la depreciación, más el cobro de intereses simples sobre lo adeudado del equipo.
- 2) El cobro sobre cada ítem por separado (repuestos, mano de obra, logística, entre otros) implica un margen sobre cada uno de estos conceptos.
- 3) La suma de dichos márgenes más los intereses cobrados superan al margen del servicio de arriendo con opción de compra (Figura 23).

En la Figura 23 se expone el detalle de los gastos asociados a tres distintas opciones para la adquisición de un equipo LHD: la compra directa por parte del cliente, la opción de leasing convencional, y la opción de arriendo con opción de compra que ofrece Hard Rock.

Este análisis considera los siguientes supuestos y antecedentes:

- Los valores expuestos son representativos para un proceso de adquisición de un LHD diésel de 4 toneladas.
- La comparación de las distintas opciones considera un período de tres años.
- Para el caso específico de los servicios, el período de arriendo es de tres años, e involucra la adquisición del scoop al final del período.
- La opción de compra directa no contempla crédito.
- El equipo se deprecia al tercer año.
- El valor residual del equipo es del 40% del valor inicial.
- El leasing convencional involucra una tasa de interés efectiva anual del 7%.
- Los costos de repuestos se basan en el archivo Total Cost Ownership (TCO) de un equipo con tales características.
- La mano de obra contempla un técnico de 1.500 dólares mensuales.
- En el servicio de leasing convencional, los márgenes considerados fueron conservadores: 10% en la mayoría de los ítems (depreciación, mano de obra, etc.), y 60% para los repuestos.

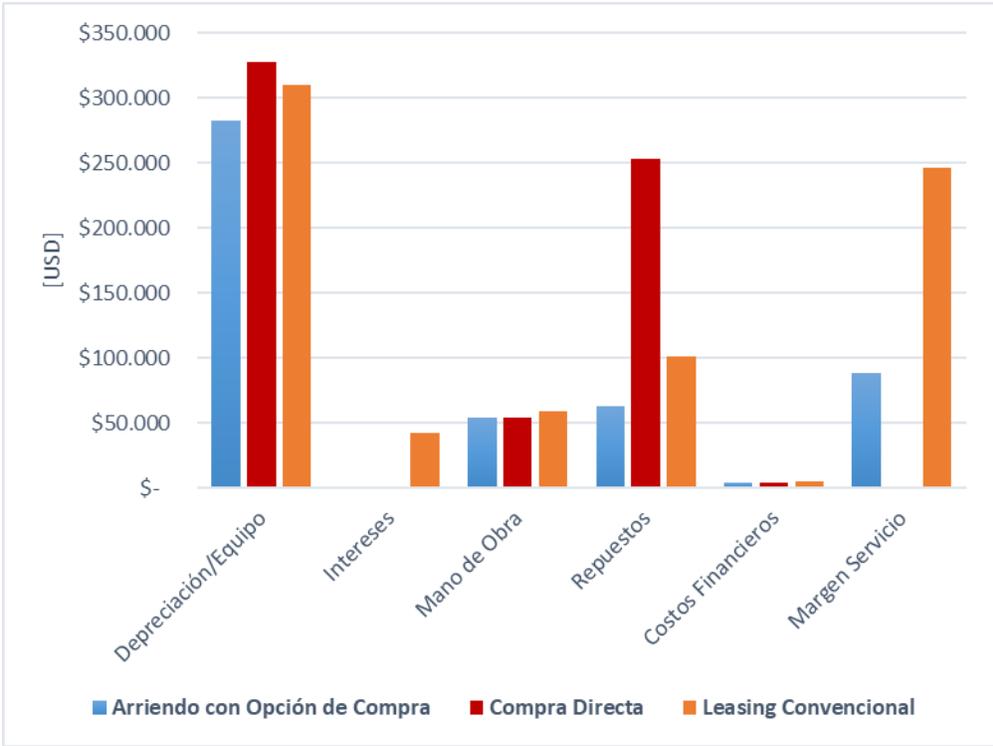


Figura 23: Detalle del gasto asociado a diferentes opciones de adquisición de equipos (Fuente: Elaboración propia).

Se confirma que el margen asociado al servicio de leasing convencional es 2,8 veces mayor que el asociado al arriendo con opción de compra, a pesar de que el análisis considera márgenes conservadores para el servicio leasing.

Por otra parte, se observa un alza importante en los costos de repuestos para la opción de compra directa que tiene el cliente. Esto tiene que ver principalmente con que las operaciones mineras no suelen contar con técnicos especialistas en todos los equipos y marcas, por lo tanto, no conocen los planes de mantención que se deben llevar a cabo para cada equipo, no conocen necesariamente la experiencia de fallas del mismo equipo en otras partes de Chile y/o el mundo, lo que provoca que el costo de repuestos suba. Dado lo anterior, la disponibilidad mecánica de los equipos adquiridos a través de esta opción disminuye, por lo tanto, el tonelaje acarreado por estos equipos es menor dada cierta ventana de tiempo, viéndose afectada su productividad.

En la Figura 24 se expone el gasto total al que está expuesto el cliente dadas las tres opciones anteriormente descritas. En este caso, considerando un período de 3 años, la opción de compra directa involucra un gasto total 30% superior al del servicio de arriendo con opción de compra. Por otro lado, el servicio de leasing convencional implica un gasto total 32% superior al del servicio ofrecido por Hard Rock.

Dado lo anterior, para este caso particular, la mejor opción para la operación minera, considerando aspectos tanto técnicos como económicos, es el servicio de arriendo con opción de compra.

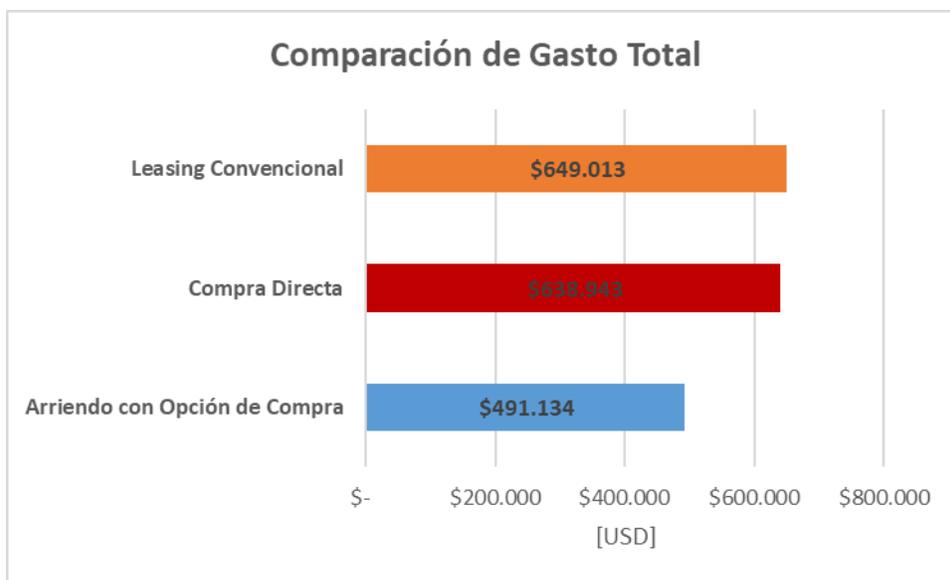


Figura 24: Comparación del gasto total asociado a diferentes opciones de adquisición de equipos (Fuente: Elaboración propia).

6. Estrategia de Soporte

6.1. Estrategia de Mantenimiento

En la industria minera local, los gastos en mantenimiento representan de un 20 a un 50% de los costos de producción¹². Dado lo anterior, el mantenimiento es un aspecto clave en la industria, ya que representa un sector donde aún se puede agregar valor al proceso extractivo. El costo asociado a la falla de un equipo es alto, ya que además del costo de mantención, los tiempos muertos asociados ponen en riesgo el cumplimiento del plan de producción de la operación.

Es común que se den casos de sobre-mantenimiento o falta de éste en las operaciones, por lo que es de vital importancia establecer una estrategia de mantenimiento robusta y orientada a objetivos. En este caso particular, los objetivos propuestos por el área en cuanto a mantención son:

1. Que el equipo o los equipos en cuestión operen continuamente, y con gran disponibilidad mecánica.
2. Eliminar fallas reiterativas y reducir el número de fallas, y por lo tanto mantener al margen la mantención correctiva.
3. Reducir el costo global de mantención.

Tal como se muestra en la Figura 25, existen diversos tipos de mantenimiento dependiendo de su aplicación: post-falla o pre-falla. La estrategia de mantenimiento de Hard Rock involucra los enfoques básicos de mantenimiento: correctivo, preventivo, predictivo, y proactivo. Sin embargo, ésta se centra principalmente en el enfoque preventivo y correctivo.

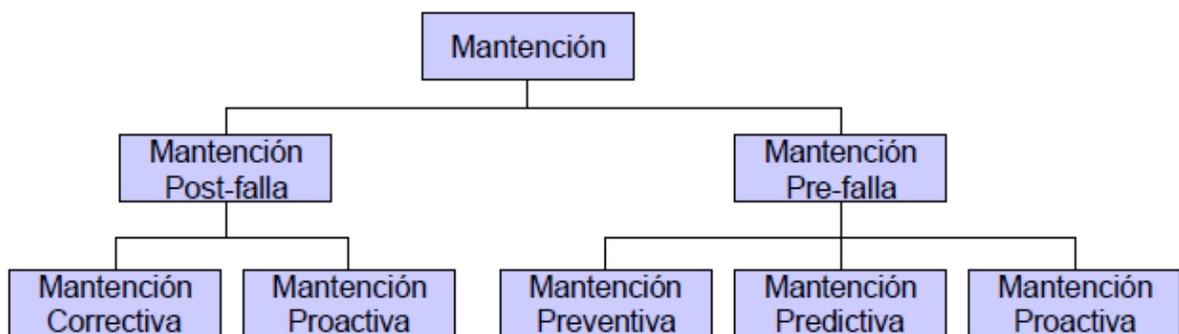


Figura 25: Enfoques de mantenimiento (Fuente: El arte de mantener).

Los servicios de mantención del área consideran un electromecánico en faena. Este es el encargado de llevar a cabo el plan de mantenimiento programado, informar a través

¹² Fuente: <http://www.portalminero.com/>

de reportes el estado del equipo, sus indicadores de rendimiento, las fallas que se produzcan, entre otros.

Por otro lado, se dispone de un jefe de servicios, que aparte de planificar el programa de mantenimiento, realiza visitas periódicas para administrar el contrato, y puede ser llamado a faena de ser requerido.

Adicionalmente, para la puesta en marcha de equipos se cuenta con el apoyo de técnicos de soporte de la fábrica. Estos realizan entrenamientos (soporte técnico y operadores), y lista de herramientas recomendadas.

6.1.1. Mantenimiento Correctiva

La mantenimiento correctiva es el tipo de mantenimiento más básico. En ésta, el equipo en cuestión se utiliza hasta que falle, para luego ser reparado o reemplazado. Se recomienda utilizar para casos en los que el costo del equipo sea bajo, y las consecuencias de la falla sean aceptables. Algunas de las consecuencias negativas que se pueden presentar utilizando esta estrategia son:

- Peligros que afecten a la seguridad, salud ocupacional y al entorno.
- Aumento en los costos de mantenimiento, debido a profundización de la falla.
- Baja en la disponibilidad mecánica del equipo y en su rendimiento.
- Pérdida de calidad del equipo.

6.1.2. Mantenimiento Preventiva

Por su parte, el mantenimiento preventivo es el destinado a la conservación de equipos mediante la revisión y reparación sistemática que garantizan su buen funcionamiento y fiabilidad. Éste se realiza en equipos en condiciones de funcionamiento, al contrario del mantenimiento correctivo. Su objetivo es evitar o mitigar las consecuencias de las fallas, logrando prevenir las incidencias antes de que estas ocurran.

Las tareas de mantenimiento preventivo pueden incluir acciones como cambio de componentes desgastadas, cambios de aceites y lubricantes, entre otras. Esto último dependerá de las recomendaciones de la fábrica, la legislación vigente y las recomendaciones de expertos. El reemplazo de componentes se programa de acuerdo a un intervalo de tiempo para cada repuesto. Pasado dicho intervalo éste se cambia, aunque no se requiera su reemplazo.

En la Figura 26, se muestra el patrón de fallas conocido como “curva de la bañera”. Este patrón es el asumido por el enfoque de mantenimiento preventivo. En la puesta en marcha de un equipo se tiene una alta probabilidad de fallas resultantes de errores de manufactura o del comissioning. Posteriormente, la probabilidad de fallas del equipo se mantiene constante, hasta que finalmente el equipo se comienza a desgastar y aumenta

la tasa de fallas. Es justamente antes de esa última etapa, que se implementa el mantenimiento preventivo.

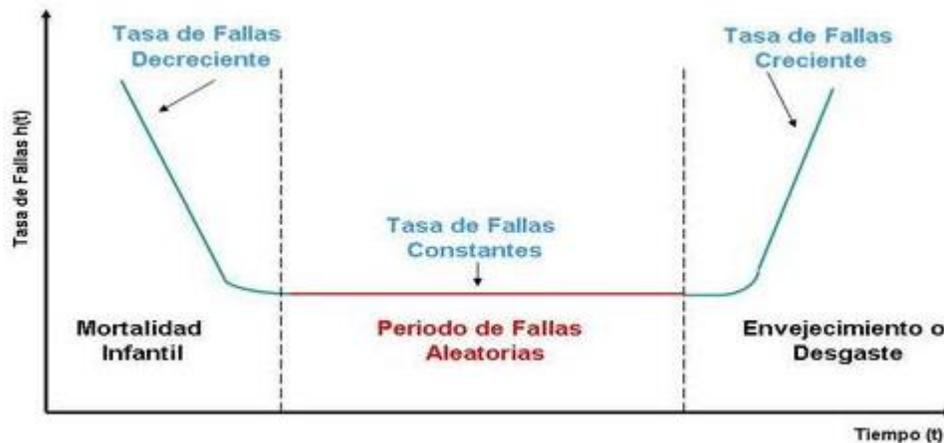


Figura 26: Patrón de falla asumido en mantenimiento preventivo.

Sin embargo, no es tan simple determinar cuándo un equipo entra en su etapa de desgaste, por lo que tiende a suceder que:

1. Se programa la mantención demasiado pronto, lo cual incrementa los costos y disminuye la fiabilidad.
2. Se programa la mantención demasiado tarde, lo que incrementa el riesgo de fallas por desgaste de componentes.

Algunas de las desventajas de utilizar una estrategia únicamente preventiva son:

- Aumento de costos de inventario.
- Desperdicio de componentes.
- Exceso de rigidez en algunos programas, considerando que el desgaste de componentes depende del tipo de aplicación que se le dé al equipo.

6.1.3. Mantención Predictiva

El mantenimiento predictivo se enfoca principalmente en la condición del equipo para determinar la necesidad de servicio de éste. Con el fin de predecir la posible ocurrencia de alguna falla, se utiliza el monitoreo de la condición del equipo en línea (ideal) o periódicamente, para identificar cuando el desgaste en éste comienza a incrementarse. Este enfoque se utiliza generalmente en equipos que tienen un alto costo de falla.

Este tipo de mantenimiento permite el ahorro de tiempo y la reducción de costos de mantención debido a que:

- Permite corregir la potencial falla antes de que se produzca.
- Evita fallas inesperadas.
- Permite reducir el mantenimiento preventivo.

En el caso particular del área Hard Rock, actualmente se realiza un monitoreo periódico del equipo, a través de los siguientes análisis:

- Análisis del sistema hidráulico, en el cual se monitorean las presiones de los distintos sistemas y aceites.
- Análisis del motor Diesel en baja RPM.
- Termografía de los distintos componentes del equipo.
- Inspección visual del equipo.
- Lectura de indicadores.

Cabe destacar que, Komatsu Mining posee el servicio Joy Smart, el cual es un sistema de monitoreo en tiempo real del estado del equipo y su rendimiento. Además, permite optimizar el mantenimiento predictivo, impactando positivamente la productividad, y seguridad del sistema. Sin embargo, éste está disponible sólo para la línea de LHDs híbridos.

6.1.4. Mantenimiento Proactiva

El mantenimiento proactivo es un proceso permanente de gestión de riesgos que permite mejorar continuamente la estrategia de mantenimiento, y el rendimiento del equipo.

Su objetivo es identificar las causas raíces de las fallas y actuar para eliminarlas. A través de la detección y corrección temprana de los parámetros que primero generan el desgaste, y que luego conducen a la falla. Para lo anterior, se utiliza la información proporcionada por el método predictivo.

La duración de los componentes de un equipo depende en parte de que dichos parámetros “causa-fallas” sean mantenidos dentro de límites aceptables.

Dentro de sus beneficios están:

- Prolongación de la vida del equipo.
- Eliminación de las fallas deseadas y de fallas adicionales consideradas aleatorias anteriormente.
- Aumento en la eficiencia del proceso de mantención.

6.2. Salud y Seguridad Ocupacional

Históricamente, la explotación subterránea de minerales ha sido considerada como una de las actividades más riesgosas que realiza el hombre. Son muchos los peligros presentes en las faenas subterráneas: las características de la roca, el uso de explosivos, la presencia de gases tóxicos o inflamables, el empleo creciente de máquinas y equipos, la presencia de aguas subterráneas, las probabilidades siempre latentes de incendios, entre otros. Todos estos conforman un ambiente de trabajo de alto riesgo. A lo anterior debe adicionarse los errores de diseño que pudiese haber, o la mal ejecución de alguna actividad por parte de los propios mineros.

Por lo tanto, la seguridad y salud ocupacional representa un problema en minería subterránea, debido a su alto índice de fatalidad (Figura 27).

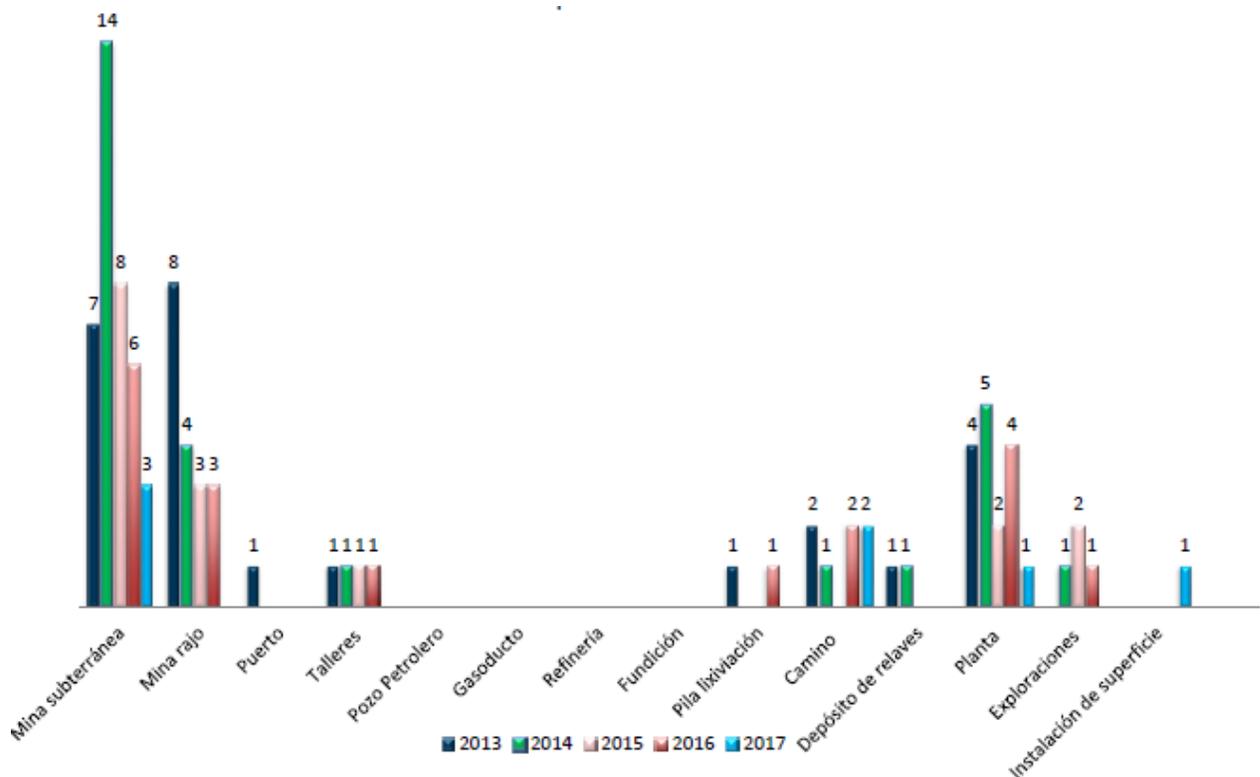


Figura 27: Número de accidentes fatales por tipo de instalación (Fuente: Accidentes mineros segundo trimestre 2017, Sernageomin).

Por lo mismo, el área de Minería Subterránea coordina los trabajos referentes a salud y seguridad ocupacional de manera conjunta con las operaciones mineras. Conformando equipos de trabajo a partir de:

- Un Experto Sernageomin clase A.
- El departamento de salud y seguridad ocupacional de Komatsu Mining.
- El Departamento de salud y seguridad ocupacional de la empresa mandante.

Evaluando así los riesgos presentes en la operación de los equipos a implementar, y estableciendo todas las medidas y procedimientos de trabajo seguro a ser adoptados, de tal manera de prevenir los riesgos asociados a la salud y seguridad de las personas, y mitigar el impacto al medioambiente.

Los estudios de evaluación de riesgos contribuyen a mejorar la seguridad y la gestión de los riesgos dentro de una organización. Estos estudios son esfuerzos organizados para la identificación y el análisis de las situaciones de riesgo asociadas a las actividades de los procesos, y tiene la finalidad de reducir o eliminar los riesgos inherentes a estas.

En resumen, estos estudios se utilizan para detectar aquellos puntos débiles en el diseño y el funcionamiento de las instalaciones que pueden ocasionar vertidos accidentales de productos químicos, incendios, explosiones y otros daños con consecuencias adversas.

En los anexos, se adjunta parte de la matriz de evaluación de riesgos asociada a la implementación del scoop 4LD.

6.3. Estrategia de Abastecimiento

Un área importante de apoyo para la operación minera corresponde a la cadena de abastecimiento. En ésta, se da tanto el intercambio de flujos físicos de materiales como el intercambio de información. Estos datos sirven para una interacción más efectiva y eficiente, y también para obtener una visibilidad de la cadena en tiempo real que apoya la toma de decisiones operativa. La falta de repuestos o componentes en la operación implica cambios operativos con altos costos asociados.

Los últimos 30 años la función de abastecimiento, en particular en las empresas mineras, ha experimentado relevantes cambios. Inicialmente, el foco favorecía a la operación, por lo que se mantenían disponibles importantes stocks de insumos y repuestos. Luego, el principal objetivo apuntaba a generar utilidades, donde la reducción de costos de inventario juega un rol relevante. Actualmente, lo que se busca es agregar valor a la empresa, involucrando su gestión en los resultados finales de la compañía¹³.

El área Hard Rock, en su servicio de arriendo con opción de compra, garantiza un amplio stock de filtros y componentes, el cual permite un gran alcance de operación del equipo, siguiendo su programa de mantenimiento. Adicionalmente, Komatsu Mining mantiene en stock componentes mayores como, ejes, transmisión, convertidor y cilindros hidráulicos.

Para determinar los repuestos que el área debería tener en stock para un equipo, se toma como referencia la lista de repuestos recomendada por fábrica (Figura 28): Site Stock, Dealer Stock y Long Term Stock.

El Site Stock es el stock de repuestos que debe estar en faena debido a su alta utilización, el Dealer Stock es el que puede estar disponible en una bodega alejada de la faena, y el

¹³ Fuente: <http://www.mch.cl/reportajes/funcion-de-abastecimiento-en-empresas-mineras/#>

Long Term Stock corresponde al listado de repuestos que se cambian a intervalos mayores de tiempo, éste también debe estar disponible en la bodega central.

Se suma a lo anterior, los repuestos que puedan sugerir los técnicos de la fábrica, los que aportan su experiencia en la puesta en marcha del mismo equipo en otros países.

QTY	PART #	DESCRIPTION	SITE STOCK	DEALER STOCK	LONG TERM STOCK
FILTERS					
1	R036899-101	FILTER, PRIMARY	8	8	
1	R036899-102	FILTER, SAFETY	8	8	
1	R009524-003	OIL FILTER	4	4	
1	R009524-002	FUEL FILTER	4	4	
1	R009524-023	FILTER, FUEL/WATER SEP.	4	4	
1	R136073	FILTER CARTRIDGE, TRANSMISSION	4	4	
1	R039679-004	ELEMENT, HP FILTER	2	2	
1	R039679-100	HP FILTER REPAIR KIT	2	2	
1	R039678-004	ELEMENT, RETURN FILTER	2	2	
1	R039678-101	SEAL KIT - RET FILTER	2	2	
1	R391210-73	WATER FILTER, COOLANT	2	2	
1	R017116-101	AIR FILTER INDICATOR	2	2	
2	R391048-4	STRAINER BASKET BRONZE 3"	4	4	
2	R003372-034	VENT - AXLE	4	4	
1	R004502-027	BREATHER, TRANSMISSION	2	2	
1	R248142	BREATHER - TORQUE	2	2	
1	R009142-009	SERPENTINE BELT	2	2	
1	R039678-005	CLOG FILTER IND - RET FILTER	2	2	
1	R039679-005	CLOG FILTER IND - HP FILTER	2	2	
1	R039921-001	BREATHER - HYD TANK	2	2	

Figura 28: Listado de filtros recomendados por fábrica (Fuente: Komatsu Mining).

Con respecto al abastecimiento de repuestos, por procedimiento estándar se obtienen directamente desde fábrica. Sin embargo, de existir algún traspié, el área cuenta siempre con un extenso listado de proveedores locales que suministran componentes compatibles con los equipos.

7. Caso de Estudio: Puesta en Marcha de Scoop 4LD

7.1. Antecedentes

En junio del 2017 entró en operación el primer equipo LHD de la línea Joy en Chile, hito que marcó el proceso de inserción al mercado de Minería Subterránea Hard Rock. El equipo fue puesto en operación en la Mina Milagros de Minera Altos de Punitaqui (grupo Glencore). Corresponde a un yacimiento de oro que está ubicado en la provincia del Limarí, Región de Coquimbo.

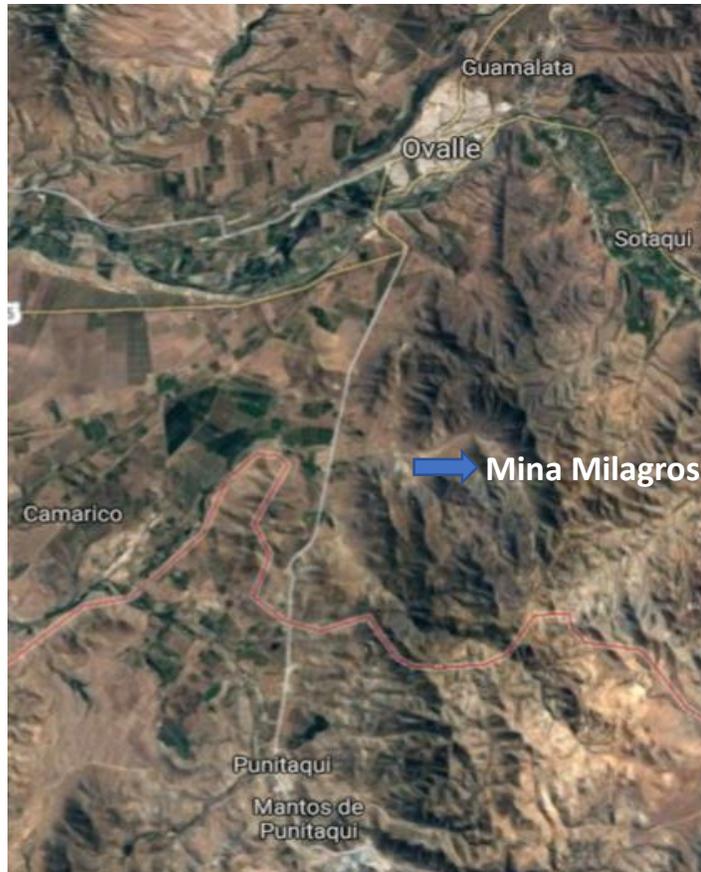


Figura 29: Sitio de la postura scoop 4LD (Fuente: Google Maps).

Altos de Punitaqui tiene como principal inversionista a Glencore International PLC, compañía con prácticas de gestión de clase mundial, operaciones a nivel mundial y con una importante presencia en América Latina, especialmente en el cono sur.

7.2. Scoop 4LD

El scoop 4LD llega a ampliar la gama de cargadores subterráneos de Komatsu Mining. Es un equipo de 4 toneladas de capacidad, cuenta con un robusto marco de acero construido para resistir las aplicaciones de minería de roca dura, lo que reduce los tiempos improductivos y prolonga su vida útil. Es el primer LHD de esta clase de tamaño que cuenta con un balde con barra en Z, que aumenta la fuerza de arranque en un 15%, y mejora el tiempo de volcado de 5 segundos a 2 segundos.

Respecto a la seguridad del equipo, las características del cargador incluyen mantenimiento a nivel del suelo, tres puntos de acceso y salida a la cabina del operador, y separación entre fuentes de calor y puntos de combustible.



Figura 30: LHD Joy 4LD.

Además, presenta una cabina de operador ampliada para mejorar la ergonomía y comodidad. El 4LD reemplazó al LHD LT-350, y fue diseñado siguiendo los aportes y consejos de los clientes, con el fin de mejorar las operaciones mineras. Su diseño se enfoca en varios puntos que son explicados a continuación.

- Mejora en rendimiento
 - Aumento de la capacidad de carga de 3.600 kg a 4.000 kg.
 - Mejora en la geometría del balde, con refuerzos laterales y GETS para un mejor rendimiento.
 - Barra Z mejora el tiempo de descarga del balde, y permite la instalación de una cabina cerrada con aire acondicionado (Figura 32).
 - Mejor visibilidad debido a la barra Z y mayor abertura de ventanas.
 - Radio de giro mejorado.
 - La distancia al suelo aumentó de 150 a 261 mm (en la bisagra central).

4LD Productivity Curve

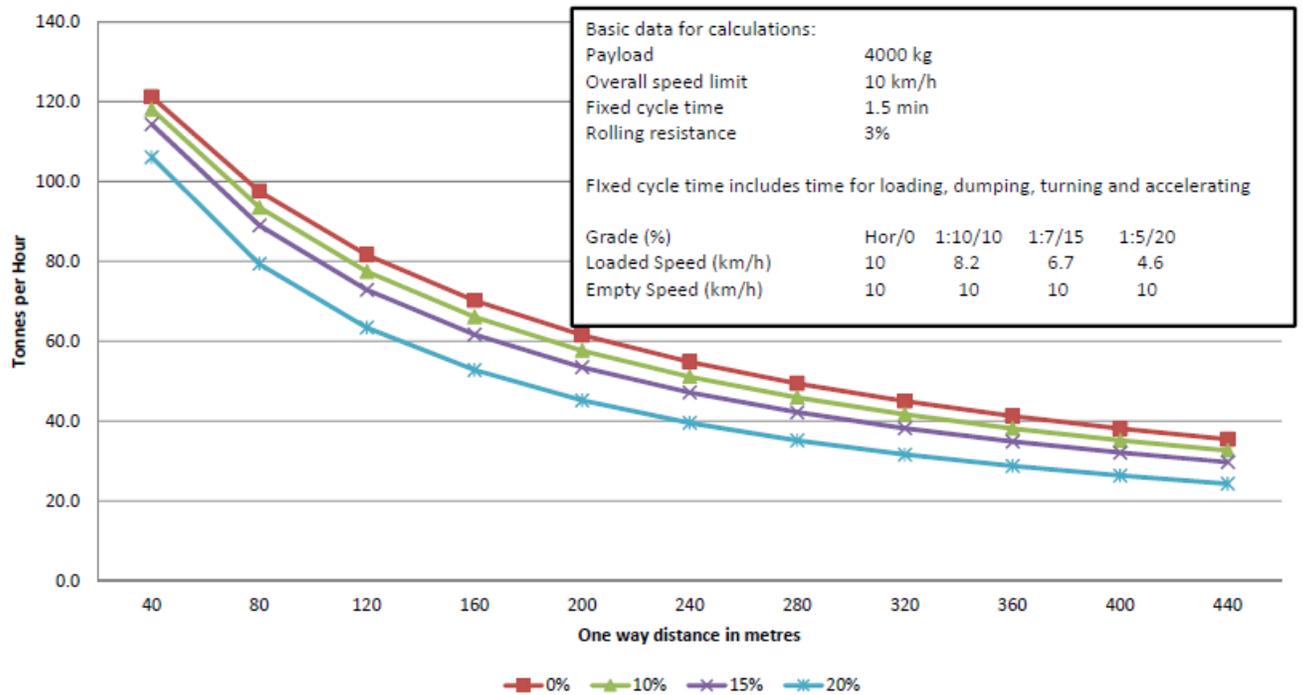


Figura 31: Curva de productividad 4LD (Fuente: Komatsu Mining).

En la Figura 31, se muestran las curvas de productividad del equipo en función de la distancia de carguío y de la pendiente. Se observa que, por ejemplo, para una distancia de 200 metros sin pendiente, el equipo acarrea un poco más de 60 toneladas de marina por hora operacional efectiva.



Figura 32: Barra Z LHD 4LD (Fuente: Komatsu Mining).

- Comodidad y seguridad del operador
 - Canopy ROPS / FOPS como estándar.
 - Cabina cerrada ROPS / FOPS con aire acondicionado (opcional).
 - Compartimiento del operador más grande y ergonómico.
 - No hay líneas hidráulicas en el compartimiento del operador.
 - Compartimento del motor diseñado con puntos caliente y fríos por separado.



Figura 33: Cabina cerrada LHD 4LD (Fuente: Komatsu Mining).

- Mantenimiento simple
 - Más fácil de mantener.
 - Área de servicio en la parte trasera derecha, donde todos los filtros son accesibles desde el nivel del suelo.
 - Cubiertas diseñadas para removerse fácilmente.
 - Fácil acceso para las baterías.
 - Sistema hidráulico simplificado con manifolds en vez de 30 válvulas individuales.



Figura 34: Área de mantenimiento a nivel de piso LHD 4LD (Fuente: Komatsu Mining).

- Mejoras de fabricación
 - Nuevo sistema hidráulico y eléctrico estandarizado.
 - Se eliminó toda la soldadura del ensamblaje.

Respecto al consumo de combustible, en equipos 4LD puestos en otras localías con motor Cummins QSB 4.5T3, se han registrados consumos que van desde los 3 a 4 (gl/h) de diésel. Sin embargo, se debe tener en cuenta que el consumo de combustible se ve afectado por varios otros factores como:

- Operación y uso del equipo.
- Habilidad y destreza de los operadores.
- Factor de carga, que involucra las pendientes y la calidad de las galerías y rampas.
- Diseño de la explotación, donde los equipos puedan estar más tiempo subiendo con carga que bajando.
- Calidad de la ventilación.
- Calidad del mantenimiento.
- Calidad del combustible.
- Entre otros.

En cuanto a los requerimientos de ventilación del equipo, basándose en el artículo número 132 del Reglamento de Seguridad Minera (D.S. N°72), para equipos Diesel se recomienda como mínimo 2,83 (m³/min) por HP. Por lo tanto, el LHD 4LD requiere de 12.996 a 14.797 cfm, dependiendo del motor Diesel que utilice.

En la Tabla 3, se resumen las especificaciones técnicas descritas del equipo Joy 4LD.

Tabla 3: Especificaciones técnicas LHD 4LD (Fuente: Komatsu Mining).

Capacidad [kg]	4.000
Volumen del balde [m3]	1,9
Largo [mm]	7.650
Ancho del balde [mm]	1.778
Radio de giro interno [mm]	2.937
Radio de giro externo [mm]	5.209
Ángulo de giro [°]	40
Opciones de motor	-Mercedes 904, 148 HP T3 -Cummins QSB 4.5, 130 HP T3
Compartimento operador	-Canopy standard -Cabin cerrada (A/C) ROPS/FOPS opcional

7.3. Costos de Mantención

Para estimar los costos y gastos de mantención del equipo en cuestión, se hace uso del archivo TCO (Total Cost Ownership). Éste es dado por fábrica para cada equipo, y entrega el costo horario de mantención por período, según las horas operacionales que realice el equipo.

Así, por ejemplo, dado un régimen de operación mensual, se tiene que el costo de mantención incluye el costo de componentes y filtros entregado por el archivo, más el costo de mano de obra, el cual está basado en la realidad local.

En la Figura 35, se observa el desglose del costo de repuestos por periodo, separado en componentes y filtros, para un régimen operacional de 200 horas. Se tiene que, la mayoría del costo de repuestos corresponde al costo de componentes, por su parte los filtros acaparan una menor parte de éste.

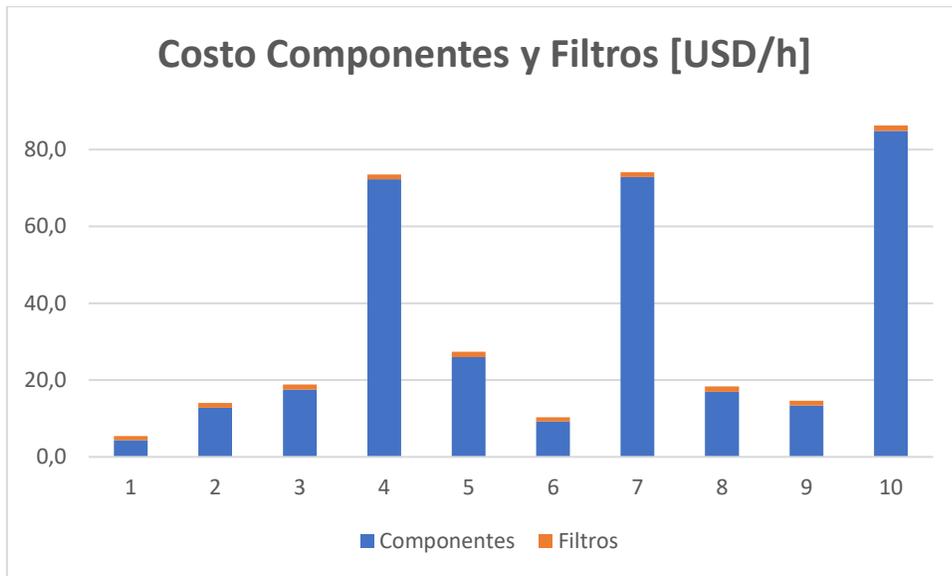


Figura 35: Costo de componentes y filtros (Fuente: TCO 4LD).

Haciendo uso del costo de repuestos, del costo de mano de obra y de las horas de mano de obra de cada período, se obtienen los gastos totales de mantención (Figura 36). Para un régimen de 200 horas de operación mensuales, los gastos de mantención más grandes se dan para los años 4, 7 y 10 respectivamente.

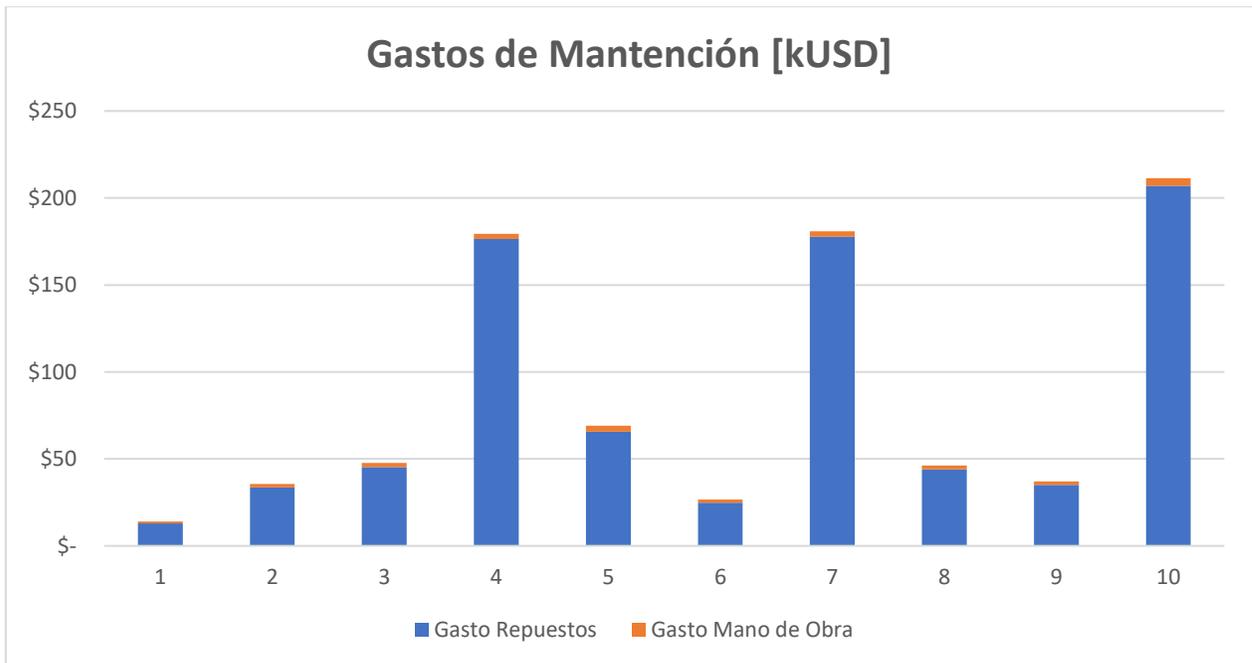


Figura 36: Gastos de mantención para 200 horas mensuales (Fuente: Elaboración propia a partir de TCO 4LD).

Si se proyectan dichos gastos de mantención a cinco años, se tiene que los gastos de mantención superan sólo por 1% al CAPEX del equipo.

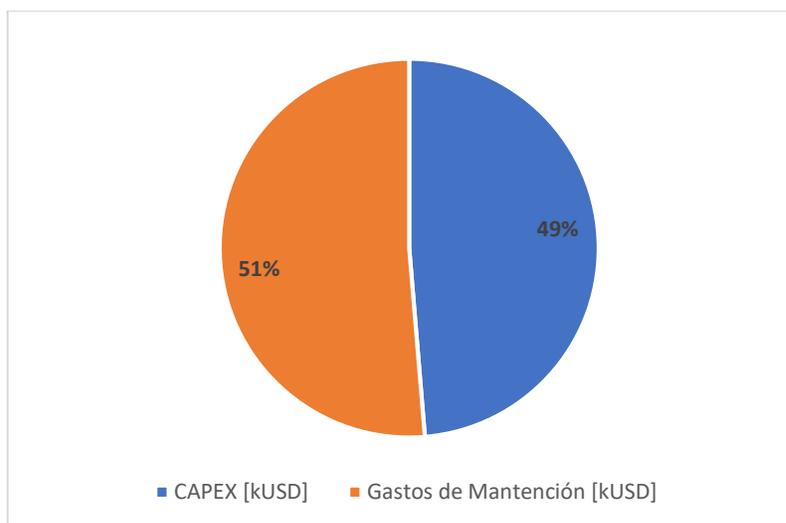


Figura 37: Gastos de adquisición (Fuente: Elaboración propia).

7.4. Indicadores Clave de Rendimiento

7.4.1. Antecedentes

La norma ASARCO (American Smelting & Refining Co.) es el marco de referencia utilizado para la definición de conceptos y distribución del tiempo en que el equipo incurre durante la operación.

Tiempo Nominal			
Tiempo Disponible			Fuera de Servicio (M/R)
			Programadas
			Imprevistos
Tiempo Operativo		Reservas	
Tiempo Efectivo	Pérdidas Operacionales	Demoras	
		Progr.	No Progr.

Figura 38: Definición de tiempo según norma ASARCO (Fuente: Archivo documental Superintendencia Gestión Inversiones Mina).

De la Figura 38, surgen las siguientes definiciones:

- Tiempo nominal: Tiempo en que se realiza la medición (espacio muestral). Éste dependerá del tiempo de continuidad de la faena productiva. Por ejemplo, para la mina El Teniente se define como 365 días al año.
- Fuera de servicio: Tiempo en que el equipo se encuentra fuera de servicio o no disponible, ya sea, por una mantención programada o imprevistos de tipo mecánico o eléctrico.

- c) Tiempo disponible: Tiempo en que el equipo se encuentra electromecánicamente habilitado para operar.
- d) Reservas: Tiempo en que el equipo estando en condiciones electromecánicas de operación, no es utilizado en labores productivas, ya sea por falta de operador o que bajo una condición específica del avance de la faena no pueda ser operado. En este caso en particular, se tiene la situación de disponibilidad de zanjás.
- e) Tiempo operativo: Tiempo en que el equipo se encuentra operando en faena (con operador).
- f) Demoras programadas: Tiempo en que el equipo no opera debido a actividades normadas por ley, tales como colación o cambio de turno.
- g) Demoras no programadas: Tiempo en que el equipo no opera, debido a condiciones propias de la operación o ineficiencias de ésta, tales como carga de combustible, acomodo o limpieza del lugar de faena, etc.
- h) Pérdidas operacionales: Tiempo en que el equipo no puede operar, debido a la espera de equipo complementario (jumbo de reducción secundaria, martillo picador).
- i) Tiempo efectivo: Tiempo en que el equipo se encuentra realizando aquellas tareas para los cuales fue adquirido y diseñado.

Considerando dichas definiciones, la disponibilidad mecánica es el porcentaje de horas nominales en que el equipo está en condiciones electromecánicas de ser operado.

$$\text{Disponibilidad mecánica} = \frac{\text{Horas nominales} - \text{Horas fuera de servicio}}{\text{Horas nominales}} \times 100\%$$

Ecuación 2: Disponibilidad mecánica.

Por otro parte, las métricas utilizadas para medir la confiabilidad de un sistema o equipo son:

$$\text{MTTF (Mean Time To Failure)} = \frac{\text{Tiempo total de funcionamiento correcto}}{\text{Número de fallas}}$$

Ecuación 3: Tiempo medio de falla.

$$\text{MTTR (Mean Time To Repair)} = \frac{\text{Tiempo total de inactividad}}{\text{Número de fallas}}$$

Ecuación 4: Tiempo medio de reparación.

$$\text{MTBF (Mean Time Between Failures)} = \frac{\text{Tiempo total}}{\text{Número de fallas}}$$

Ecuación 5: Tiempo medio entre fallas.

7.4.2. Resultados

En este caso, para la puesta en marcha del equipo Joy 4LD de Komatsu Mining, el LHD tuvo las fallas indicadas en la Tabla 4. Además, en ésta se indican las medidas correctivas que se tomaron para cada una de las fallas y su duración en horas. Así mismo, se muestran en la Tabla 5 las mantenciones programadas realizadas el mes de agosto al equipo y su duración.

Tabla 4: Fallas operacionales 4LD (Fuente: Elaboración propia).

Fecha	Fallas	Medida Correctiva	Duración (h)
19-06-2017	Fuga excesiva de aceite hidráulico por módulo de enfriamiento de transmisión.	Reparación del módulo de enfriamiento de transmisión en taller especializado de la zona.	30,0
10-07-2017	Fuga excesiva de aceite hidráulico por frame delantero, corte de O'Ring en el manifold de distribución de levante y volteo.	Se repone O'Ring del tapón #12 y se rellena con 20 litros de aceite ISO VG32.	2,5
23-07-2017	Disyuntor húmedo genera cortecircuito.	Se verifica que las conexiones eléctricas estén protegidas de la humedad, y se informa a los operadores de la situación.	12,0
27-07-2017	Corte de manguera lubricación Z-LINK.	Se retira fitting dañado y se coloca grasera 1/8 NPT para su lubricación.	1,0
10-08-2017	Corte de manguera lubricación Z-LINK.	Se retira fitting dañado y se coloca grasera 1/8 NPT para su lubricación.	1,0
14-09-2017	Fuga hidráulica chasis delantero, por el tapón del manifold, corte de O'Ring.	Se cambia O'Ring, se rellena con 57 litros de aceite hidráulico.	7,7

Tabla 5: Mantenciones programadas 4LD (Fuente: Elaboración propia).

Fecha	Mantenciones programadas	Duración (h)
01-08-2017	MP250 primera parte.	8,0
22-08-2017	MP250 segunda parte.	8,0

Cabe destacar que, por el momento en la faena en cuestión se trabaja sólo turno día, este turno es de doce horas, sin embargo, las horas programadas diarias son diez.

Por lo que, para calcular los downtimes por período del equipo 4LD de Punitaqui (Tabla 6), se hace uso de la información que figura en:

- Las tablas 4 y 5.
- El plan de mantención diario (adjunto en anexos).
- Los informes semanales del electromecánico en faena (adjuntos en anexos).

Tabla 6: Downtimes por período 4LD (Fuente: Elaboración propia).

Mes	Horas Hábiles	Horas Mantenición Programada	Horas Mantenición Correctiva	Downtime Total (horas)
Junio	180,0	8,2	30,0	38,2
Julio	310,0	17,3	15,5	32,8
Agosto	310,0	33,3	1,0	34,3
Septiembre	300,0	14,3	7,7	22,0
TOTAL	1100,0	73,1	54,2	127,3

Con las horas hábiles y los downtimes del equipo por período, se procede a calcular la disponibilidad mecánica en cada período y su valor acumulado, haciendo uso de la Ecuación 2 (Figura 39).

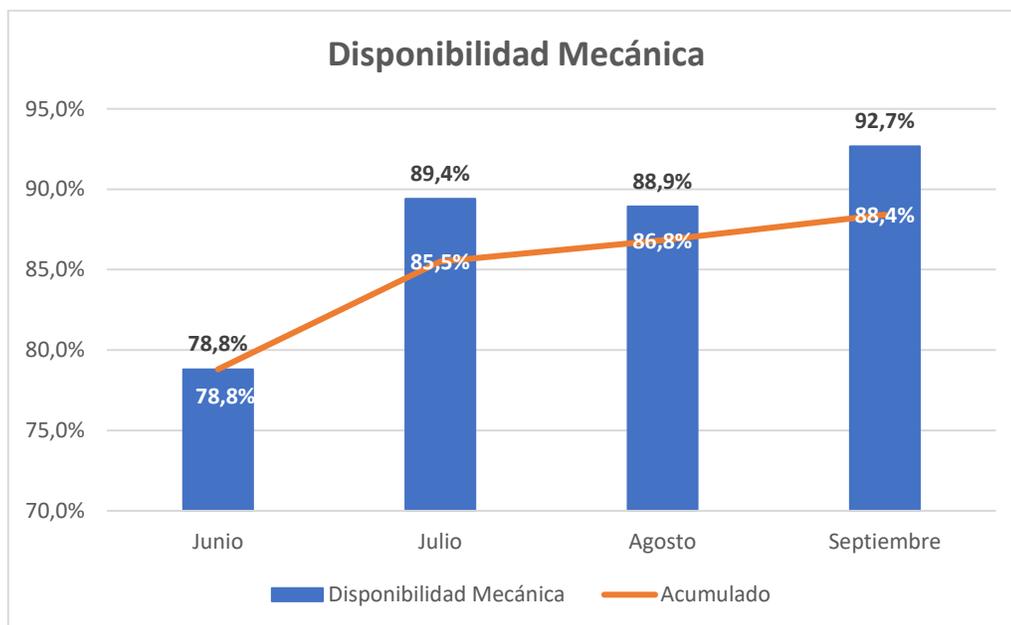


Figura 39: Disponibilidad mecánica 4LD (Fuente: Elaboración propia).

Basadas en la experiencia de esta puesta en marcha, las métricas de confiabilidad para el equipo en cuestión se calculan según lo visto en las ecuaciones 3, 4 y 5. Estos indicadores se resumen en la Tabla 7.

Tabla 7: Métricas de confiabilidad 4LD (Fuente: Elaboración propia)

Tiempo total (horas)	1.100
Número de fallas	6
Tiempo de fallas (horas)	54,2
Tiempo de funcionamiento correcto (horas)	1045,8
MTTR (horas)	9,0
MTTF (horas)	174,3
MTBF (horas)	183,3

En cuanto a los costos de mantenimiento (Tabla 8), estos se calculan sumando los gastos mensuales en mano de obra y repuestos, luego éstos se dividen por las horas de operación del equipo en cada mes, esto es:

$$Costos\ de\ mantenimiento_{mes\ i-ésimo} = \left(\frac{Gastos\ mano\ de\ obra + Gasto\ repuestos}{Horas\ de\ operación} \right)_{mes\ i-ésimo}$$

Ecuación 6: Costos de mantenimiento.

Con el fin de proteger información confidencial corporativa, los costos presentes en la Tabla 8 se encuentran en Unidades Monetarias (UM), es decir estos son una representación de los costos reales en dólares.

Es importante mencionar que, se consideran sólo los gastos en mano de obra directa, es decir en este caso los gastos de mano de obra incluyen:

- Sueldo bruto del electromecánico en faena.
- Alojamiento y alimentación.
- Transporte.

En la Figura 40, se muestra su distribución promedio.

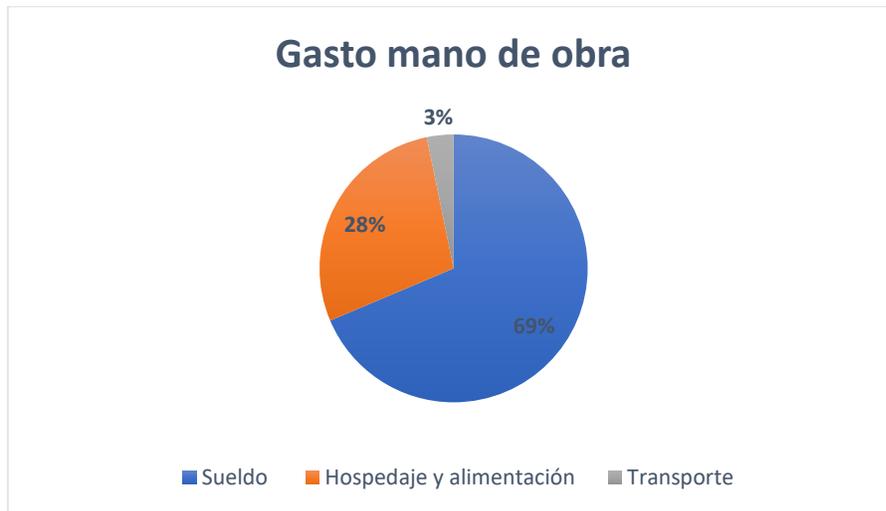


Figura 40: Desglose de gastos en mano de obra (Fuente: Elaboración propia)

Por su parte, los gastos en repuestos y servicios incluyen:

- Componentes y filtros utilizados por Komatsu Mining.
- Servicios de reparación adicionales que se hayan requerido.

Tabla 8: Desglose costos de mantención 4LD (Fuente: Elaboración propia).

	Gasto Mano de Obra [UM]	Gasto Repuestos y Servicios [UM]	Gasto Total [UM]	Horas de Operación	Costos de Mantención[UM/h]
Junio	\$ 1.572	\$ 180	\$ 1.752	102	\$ 17,2
Julio	\$ 3.267	\$ -	\$ 3.267	138	\$ 23,7
Agosto	\$ 3.267	\$ 1.091	\$ 4.358	140	\$ 31,1
Septiembre	\$ 3.033	\$ -	\$ 3.033	98	\$ 30,9

8. Análisis de Resultados

De las fallas reportadas en la Tabla 4, las que implicaron mayor tiempo operacional perdido fueron:

1. Falla en uno de los módulos de enfriamiento del radiador.
2. Cortocircuitos en el equipo por presencia de agua en faena.

Por lo mismo, para el primer caso si bien se reparó el módulo, paralelamente se pidió un radiador nuevo desde fábrica para cambiarlo por uno completamente nuevo. Para el segundo caso, se llevó a cabo un plan de mantención que contempla la verificación constante de todas las conexiones eléctricas para su protección contra la humedad, y se dio aviso a los operadores para que tuvieran más cuidado con las salpicaduras de agua a estas conexiones.

Estas fallas se produjeron en junio y julio respectivamente. Además, en agosto se llevó a cabo la mantención programada de las 250 horas de operación, la cual tomó 16 horas efectivas en total (Tabla 5). Considerando lo anterior, si se observa la Tabla 6, se verifica que el tiempo perdido va a la baja con el paso de los meses, alcanzando en septiembre un total de 22 horas efectivas.

Consecuentemente con lo anterior, la disponibilidad mecánica del equipo ha ido al alza con el paso de los meses. Durante el mes de junio ésta fue del 78,8%, más baja con respecto al resto de los meses debido al aprendizaje que tuvo que experimentar el área en su nueva incursión en la prestación de servicios de mantención a equipos LHDs. Sin embargo, ya en Julio aumentó a un 89,4%, debido principalmente a la reducción en las horas de mantención correctiva a 15,5 horas. Luego, en agosto tuvo una pequeña baja a 88,9%, ya que como se mencionó previamente ese mes se realizó la mantención programada de las 250 horas. Finalmente, en septiembre la disponibilidad mecánica alcanzó un 92,7% y un valor acumulado de 88,4%, lo que representa un gran logro para el área considerando:

- I. El proceso de puesta en marcha del equipo.
- II. La disponibilidad mecánica de equipo de referencia (10 ton) en la misma faena (Figura 41).

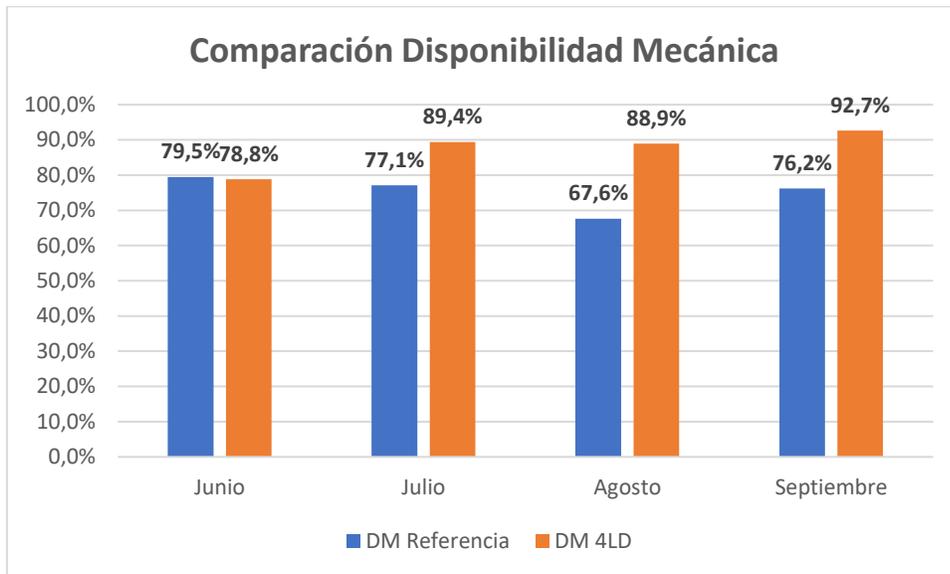


Figura 41: Comparación disponibilidad mecánica de scoop 4LD con equipo de referencia de 10 ton en la faena.

Respecto a las métricas de confiabilidad del equipo en este período, en un total de 1.100 horas programadas, se reportaron 6 fallas que implicaron un total de 54,2 horas efectivas perdidas, por lo que el tiempo de funcionamiento correcto fue de 1.045,8 horas efectivas. Considerando que cada día tiene 10 horas programadas, el tiempo medio para que el equipo falle (MTTF) es de 17,4 días. Por su parte, el tiempo medio de reparación (MTTR) es de 9 horas efectivas, esto considerando todas las fallas, incluso la falla del módulo de enfriamiento que tomó 30 horas reparar. Sin embargo, si se considera esta última como un dato aberrante, el tiempo medio de reparación llegaría incluso a las 4,8 horas efectivas.

Respecto a la razón entre las horas destinadas a mantención programada y las horas destinadas a mantención correctiva, en la Figura 42 se observa su evolución.

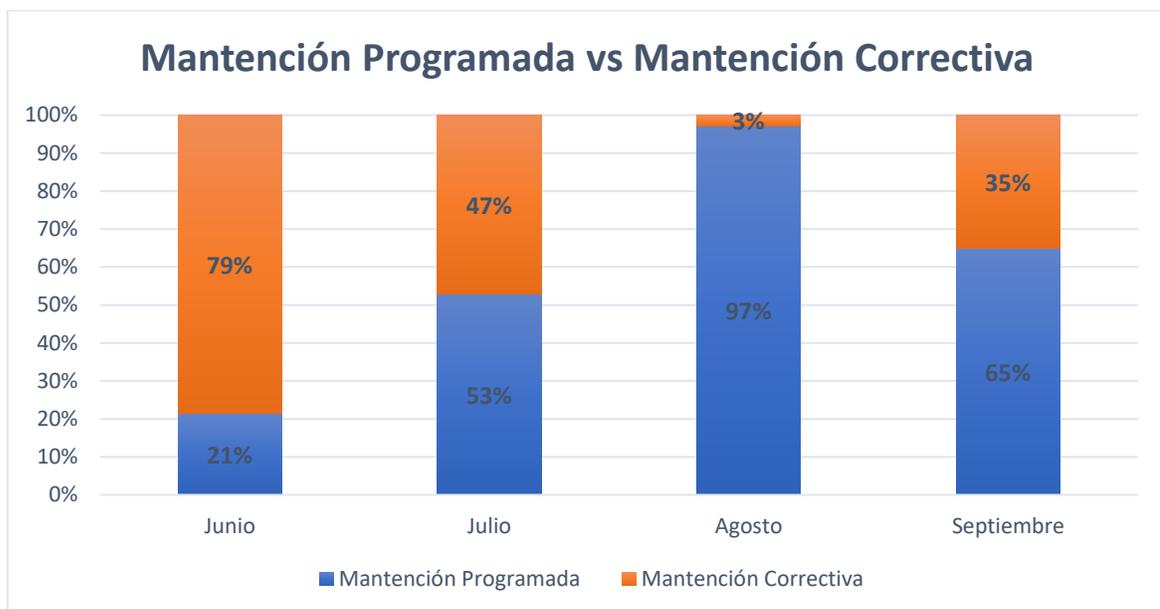


Figura 42: Mantenimiento programada vs mantenimiento correctiva (Fuente: Elaboración propia).

En ésta se observa claramente una tendencia alcista de la mantención programada ante la mantención correctiva. En junio del presente año, sólo el 21% de las horas de mantención fueron programadas, esto se debe a la falla inesperada del módulo de enfriamiento del radiador. Luego, en Julio ya alcanza un 53%, superando las horas destinadas a mantención correctiva. En agosto, se alcanza un peak del 97%. Finalmente, en septiembre se tiene que el 65% de las horas de mantención fueron programadas, baja con respecto a agosto se debe a:

- a) El aumento en el tiempo perdido por fallas.
- b) La disminución en el tiempo de mantención programada debido a los feriados de septiembre.

Cabe destacar que, durante el período de puesta en marcha, la mantención programada alcanzó un valor acumulado del 57,4%, superior al 21% del mes de junio, y con una tendencia alcista hacia el 80% de mantención programada, que es lo que recomiendan los expertos en mantención para los equipos mineros.

Con respecto a los gastos de mantención, se observa en la Figura 43 que la mayoría corresponden a gastos en mano de obra. De hecho, dichos gastos representan de un 75% a un 100% de los gastos totales mensuales.

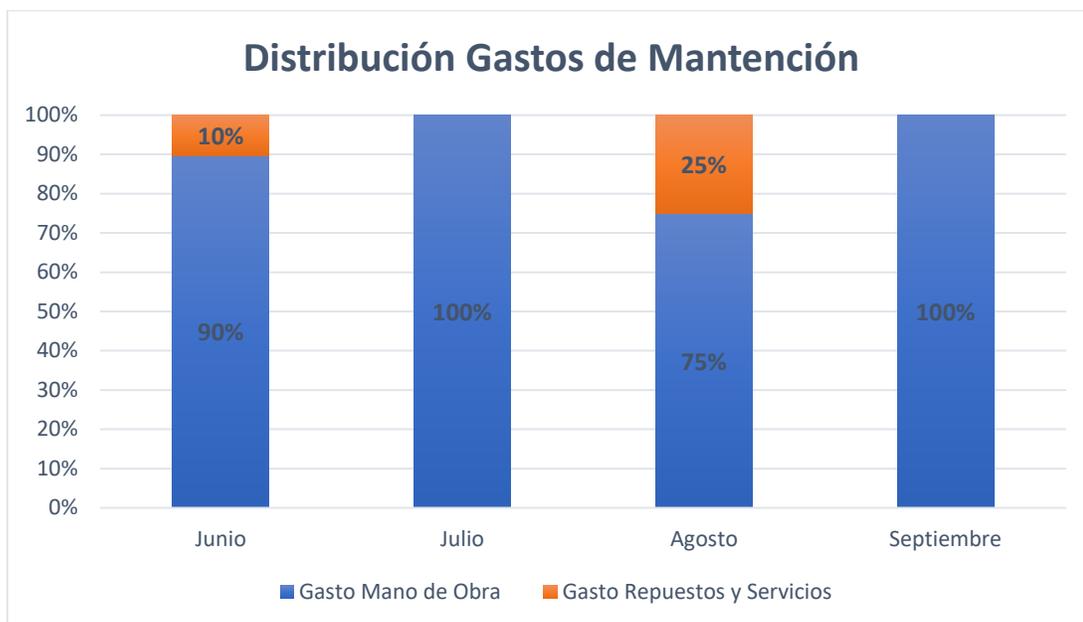


Figura 43: Distribución gastos de mantención (Fuente: Elaboración propia).

En la Tabla 8, se muestran los costos de mantención mensuales. A primera vista, se podría pensar que los costos de mantención han ido al alza, sin embargo, hay aspectos que se deben considerar antes de realizar el análisis:

1. El mes de junio el electromecánico trabajó sólo la mitad del mes, y como se vio recién: los gastos en mano de obra representan gran parte los gastos de mantención. Por lo tanto, la reducción de los gastos en mano de obra a la mitad reduce en gran cuantía los costos de mantención de junio.
2. En la misma tabla se muestra una columna de horas de operación, éstas corresponden a las horas que operó el scoop según el horómetro. Se puede ver que todos los meses el equipo trabajó una cantidad de horas distinta, lo que dificulta el análisis de costos de mantención por período, ya que el denominador de la Ecuación 6 cambia constantemente.

Dado lo anterior, se procede a estandarizar los costos de mantención para poder realizar el análisis. En el proceso estandarización de éstos, se utiliza el promedio de las horas de operación, y se extrapola el costo del mes de junio, considerando que el electromecánico trabaja el mes completo (Figura 44).

Una vez realizado el ajuste se observa que, en general, el costo de mantención oscila entre 25 y 28 unidades monetarias por hora, de hecho, el costo de mantención acumulado es de 26 unidades monetarias por hora. La excepción es agosto, mes en el que se da el costo máximo debido principalmente a la mantención programada de las 250 horas de operación. Particularmente, en el mes de junio el costo de mantención es un poco más alto comparado al de julio y septiembre, esto se debe al gasto en servicios de reparación del módulo de enfriamiento del radiador. Por otra parte, la baja en el costo de septiembre

se debe a la disminución en el gasto en mano de obra. Sin embargo, es importante recalcar que, para este análisis en particular no se identifica de manera clara ninguna tendencia alcista o bajista.



Figura 44: Costos de mantenimiento estandarizados (Fuente: Elaboración propia).

Con respecto a los gastos en repuestos y servicios, en la Figura 45 se advierte que los gastos reales en este ítem son mucho menores a los gastos programados. Esto se debe a que la evaluación de los gastos programados se hizo en base a los costos de mantenimiento promedio al quinto año, año en que se deprecia el equipo.



Figura 45: Gasto real vs gasto programado en repuestos (Fuente: Elaboración propia).

Dado lo anterior, para poder establecer un análisis más completo se realizó un ajuste de los gastos programados. Para esto, se utilizó las horas de operación del equipo en cada mes (Tabla 8), y se usó el costo horario en repuestos del primer año, dato que entrega el archivo TCO (Total Cost Ownership) del equipo proveniente de fábrica.

Se ve en la Figura 46 que, si bien en agosto se gastó más en repuestos debido a la mantención programada, en junio se estuvo por debajo del gasto programado ajustado. Sumado a lo anterior, ni en julio ni en septiembre se produjeron gastos, por lo que, durante la puesta en marcha del equipo, el gasto total real en repuestos fue 8% inferior al gasto programado ajustado.

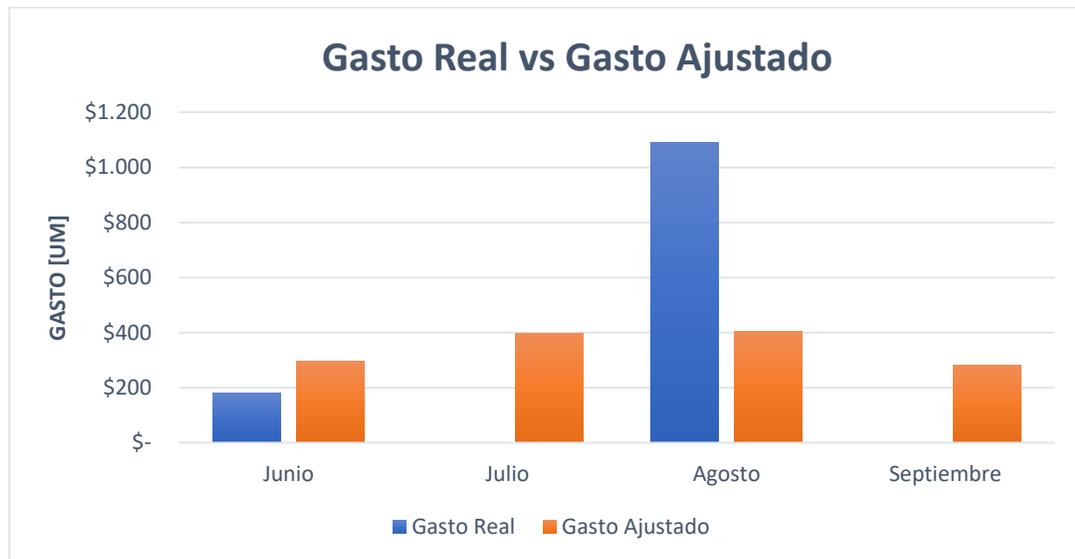


Figura 46: Gasto real vs gasto ajustado en repuestos (fuente: Elaboración propia).

Considerando el análisis de los resultados llevado a cabo, se puede establecer en base a los datos que, las estrategias y medidas de gestión, instauradas en el área Hard Rock, han sido fructíferas tomando en cuenta que ésta está atravesando un momento de inserción al mercado.

La brecha actual más importante, tiene que ver con el foco de la estrategia de mantenimiento. Como se vio durante el estudio, y a lo largo de los distintos análisis, el foco actual del área está centrado principalmente en el preventivo y reactivo. La combinación entre los distintos focos de mantención debe ser adecuada para el cumplimiento de los objetivos y metas de los distintos niveles organizacionales. En general, se recomienda el uso conjunto de los cuatro enfoques: preventivo, correctivo, predictivo y reactivo. Sin embargo, cabe destacar que, el enfoque a seguir está determinado por:

1. La importancia del equipo y del proceso productivo en cuestión.
2. Aspectos de seguridad, salud ocupacional y aspectos ambientales.
3. Gastos e ingresos involucrados.

Actualmente, el área imparte un servicio que se basa, principalmente, en el mantenimiento preventivo y correctivo, y en menor medida en el predictivo. Por lo que, se tiende a incurrir en un mayor costo de mantención, debido al excesivo cambio de repuestos que conlleva dicho foco.

En general, el uso de estrategias de mantenimiento con mayor foco predictivo, tienden a mejorar la productividad de los equipos, y a reducir los costos de mantención. Además, en este caso, el costo de oportunidad de tener el equipo fuera de servicio es alto. Por lo que, idealmente, el mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC) representa una buena alternativa. Esto debido a que, permite que los equipos sean más seguros y confiables, reduce los costos de mantención, mejora la calidad del equipo y sus componentes, y permite monitorear mejor el cumplimiento de las normas de seguridad y medio ambiente. Además, los avances tecnológicos han permitido una reducción en el costo de sistemas de monitoreo continuo.

Bajo este enfoque de mantención centrado en la confiabilidad, el mantenimiento predictivo debería constituir el 50% del total de horas de mantención, dejando sólo un 30% para el mantenimiento preventivo y el 20% restante para el mantenimiento correctivo (Figura 47).

Esto implica la incorporación de técnicas predictivas adicionales, tales como análisis de vibraciones, análisis de aceites y lubricantes, y análisis por ultrasonido.

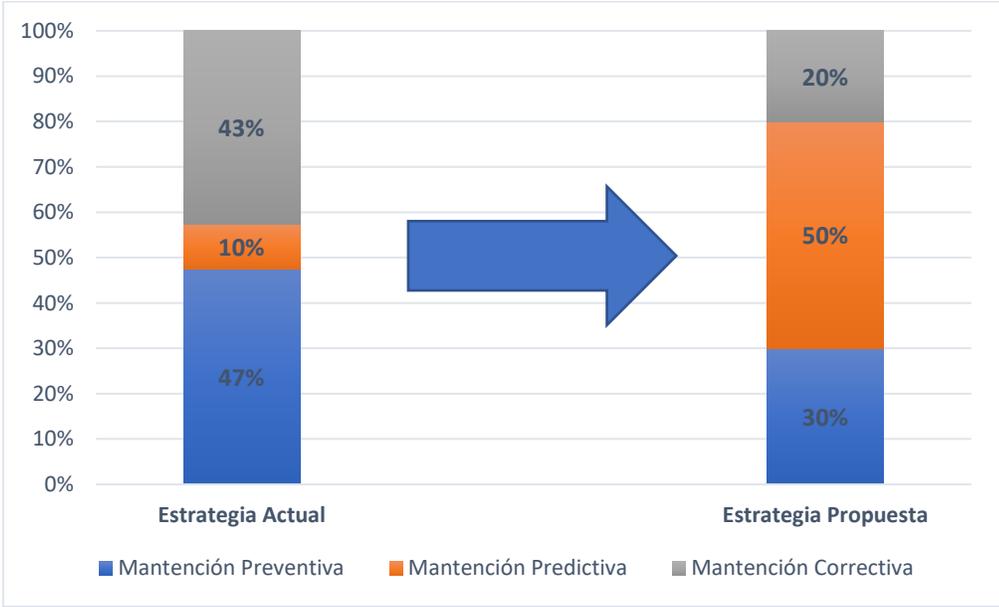


Figura 47: Propuesta estrategia de mantención (Fuente: Elaboración propia).

9. Conclusiones

En el proceso de planeación estratégica de una compañía o área, es clave contar con un análisis interno de ésta, que establezca claramente sus fortalezas, sus debilidades, su estructura organizacional, entre otros aspectos. Además, es importante llevar a cabo un análisis externo del mercado, que establezca claramente cuáles son las brechas de éste, las oportunidades presentes, y las amenazas potenciales a las cuales podría verse enfrentada el área.

Para cada proceso que atravesase una compañía o área, existe al menos una estrategia adecuada para ser implementada. En el caso del área Hard Rock, la estrategia comercial de inserción al mercado ha traído resultados positivos. Su propuesta de valor de servicio de arriendo con opción de compra ha logrado satisfacer las necesidades de las operaciones mineras, y aumentar la participación de mercado del área. Lo anterior, tiene que ver principalmente con la utilidad que tiene para las operaciones mineras un servicio de estas características, que incluye el equipo, un técnico especialista, los repuestos, la supervisión y la logística involucrada en todo el proceso de mantenimiento del equipo. Este servicio con todo incluido permite, por ejemplo, aumentar la productividad de la operación unitaria carguío y transporte, implicando un gasto total 23% más bajo que el de las opciones de leasing convencional y compra directa por parte del cliente. Por lo tanto, considerando aspectos tanto técnicos como económicos, este servicio representa la mejor opción de adquisición de equipos para la operación minera.

El costo de oportunidad de tener un equipo minero fuera de servicio es alto, por lo que, una estrategia de soporte robusta y orientada a objetivos es vital para aumentar la eficiencia de las operaciones unitarias subterráneas, y reducir los costos operacionales de las faenas mineras subterráneas. Actualmente, el área Hard Rock tiene una estrategia de mantenimiento basada, principalmente, en el enfoque preventivo y correctivo. Además, su cadena de abastecimiento permite la disponibilidad de repuestos para sus equipos en las mismas faenas, evitando así, pérdidas excesivas de tiempo operacional.

Considerando el proceso de inserción al mercado, se concluye que las estrategias y medidas de gestión del área han sido adecuadas para la puesta en marcha de un equipo scoop. Lo anterior se debe a:

1. A lo largo del periodo de puesta en marcha, no se reportaron accidentes con tiempo perdido.
2. Se tuvo una tendencia alcista de la disponibilidad mecánica, alcanzando una disponibilidad de 92,7%, y un MTTF de 17,4 días.
3. Se reportó una tendencia al alza de la mantención programada ante la correctiva, alcanzando un valor acumulado del 57,4% durante el periodo en estudio.
4. El gasto total de repuestos fue 8% más bajo, con respecto al gasto programado ajustado.

Todos estos aspectos implican un aumento de eficiencia en la operación unitaria de carguío y transporte de la faena en cuestión, debido al aumento que generan en el tiempo operacional disponible. A su vez, esto se traduce en un aumento en la satisfacción del cliente.

Sin embargo, siguiendo la doctrina del mejoramiento continuo, para mantener dicha satisfacción a mediano y largo plazo, es necesario identificar las brechas existentes, para subsanarlas, y mejorar así la propuesta de valor actual.

La brecha que se identifica tiene que ver con el foco de la estrategia de mantenimiento, ya que con éste se tiende a incurrir en mayores costos de mantención, debido al excesivo cambio de repuestos que conlleva el foco preventivo.

Dentro de este contexto, se propone como alternativa, el mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC). Este permite que los equipos sean más seguros y confiables, reduce los costos de mantención, mejora la calidad del equipo y sus componentes, y permite monitorear mejor el cumplimiento de las normas de seguridad y medio ambiente. En este enfoque de mantención centrado en la confiabilidad, el mantenimiento predictivo debería constituir el 50% del total de horas de mantención, dejando sólo un 30% para el mantenimiento preventivo y el 20% restante para el mantenimiento correctivo.

10. Bibliografía

- Armijo, M. (2009). *Manual de Planificación Estratégica e Indicadores de Desempeño en el Sector Público*. Doctorado. ILPES/CEPAL.
- Arrospide, C. (2017). *Underground Mining LHD 4 LD Chile Project*. Komatsu Mining Corp.
- Bravo, M., Castro, L. and Rojas, A. (2012). *Manual de Planificación Estratégica: Una Herramienta Para la Gestión*. Magísteres. Universidad del Desarrollo.
- Campos, J. (2013). *Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad*. Universidad de Ingeniería y Tecnología.
- Cantallopts, J. (2016). *Una Mirada desde Los Costos*. Comisión Chilena del Cobre (COCHILCO).
- Castro, R. (2016). *Planificación Estratégica de Explotaciones de Caving por Sub Niveles en Mediana Minería*. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile.
- Comisión Chilena del Cobre (COCHILCO) (2016). *Monitoreo de Variables e Indicadores Relevantes de la Mediana y Pequeña Minería Chilena*.
- Costas Santos, J. (2012). *Seguridad y Alta Disponibilidad*.
- Departamento de Seguridad Minera, Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN) (2008). *Guía Metodológica de Seguridad para Proyectos de Ventilación de Minas*. Providencia, Santiago de Chile.
- Dirección de Estudios y Políticas Públicas, Comisión Chilena del Cobre (COCHILCO) (2017). *Inversión en la Minería Chilena - Cartera de Proyectos 2017 - 2026*.
- EMERSON Process Management (2013). *Estrategias de Mantenimiento y Prácticas de Trabajo para Reducir los Costos*.
- Federación Española de Municipios y Provincias (2003). *Procesos de Mejora Continua*.
- García, M., Quispe, C. and Ráez, L. (2003). *Mejora Continua de la Calidad en los Procesos*. Notas Científicas.
- González, C. (2016). *Características del Negocio Minero y Planificación Estratégica*. Clase Auxiliar N°1, Gestión de Operaciones Mineras. Benjamín Galdames.
- González, C. (2016). *Herramientas para el Análisis de la Situación de la Empresa y Liderazgo*. Clase Auxiliar N°2, Gestión de Operaciones Mineras. Benjamín Galdames.
- González, J. (2009). *Estrategia de Posicionamiento de Mercado para una Empresa Distribuidora de Equipos Mineros*. Magister en Gestión y Dirección de Empresas. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile.

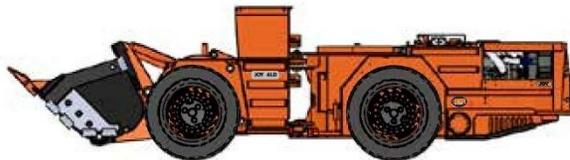
- Harper, D. and Foster, K. (2017). *Hard Rock Personnel Training Properties*. Komatsu Mining Corp.
- Hernández, S. (2016). *Situación de la Mediana Minería*. Comisión Chilena del Cobre (COCHILCO).
- Hernández, S. (2016). *Situación de la Mediana Minería*. Mediana Minera, Medmin. Santiago, Chile. Sociedad Nacional de Minería (SONAMI) y Techopress.
- Instituto Uruguayo de Normas Técnicas (2009). *Herramientas para la Mejora de la Calidad*.
- Koski, R. (2017). TCO LHD 4LD. Komatsu Mining Corp.
- Kotler, P. and Armstrong, G. (2012). *Marketing*. 14th ed. México: Pearson Educación.
- Latorre, R. (2016). *Hard Rock JG Chile Action Plan April 20*. Komatsu Mining Corp.
- Leyton, E. (2017). *Informe 4LD Semanas 1-12*. Komatsu Mining Corp.
- Loayza, E. (2017). *Cargador LHD Modelo 4LD*. Komatsu Mining Corp.
- Marticorena, J. (2016) *Chile pierde terreno como productor de cobre, en medio del desplome del metal*. [En línea] La Tercera en Internet. <<http://www.latercera.com/noticia/chile-pierdeterreno-como-productor-de-cobre-en-medio-del-desplome-del-metal/>>.
- Moubray, J. (2012). *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM)*. Soporte y Compañía.
- Muñoz, E. (2002). *Riesgos en la Minería Subterránea*. Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN).
- Pascual, R. (2005). *El Arte de Mantener*. Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- Rojas, G. (2017). *Introducción de un LHD Híbrido a la Industria Minera y sus Posibilidades en el Mercado Chileno*. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile.
- Silva, F. (2016). *Hard Rock Chile Nov 2016 Team Building*. Komatsu Mining Corp.
- Sociedad Nacional de Minería (SONAMI) (2014). *Caracterización de la Pequeña y Mediana Minería en Chile*.
- Zablocki, A. (2013). *La industria minera del cobre en Chile con enfoque en minería subterránea - Una visión general, desafíos y tendencias*. 8ª Jornada Ibero-Americana Técnico-Científica de “Medio Ambiente Subterráneo y Sustentabilidad” , Congreso Iberoamericano de Minería Sustentable.

Zablocki, A. (2016). *Evolution of Mechanization in Chilean Private Underground Mines over the Last 30 Years*. MININ 2016: 6th International Conference on Innovation in Mine Operations. Gecamin.

ANEXO A

Hojas de especificaciones de equipo LHD 4LD

4LD



Capacities

Tramming Capacity	4,000 kg	8,800 lbs
Hydraulic Breakout Force Lift	7,305 kg	16,105 lbs
Hydraulic Breakout Force Tilt	10,261 kg	22,622 lbs
SAE Breakout Force	8,114 kg	17,887 lbs
SAE Static Tipping Load	14,667 kg	32,334 lbs
Bucket	1.9 m ³	2.5 yd ³

Weights

Operating Weight	14,562 kg	32,104 lbs
Total Loaded Weight	18,554 kg	40,904 lbs
Axle Weight without Load		
Front Axle	6,582 kg	14,511 lbs
Rear Axle	7,980 kg	17,593 lbs
Axle Weight with Load		
Front Axle	12,577 kg	27,727 lbs
Rear Axle	5,977 kg	13,177 lbs

Driving Speeds F & R (0% Grade) Loaded

1st Gear	5.0 km/h	3.1 mph
2nd Gear	10.1 km/h	6.3 mph
3rd Gear	17.1 km/h	10.6 mph

Bucket Motion Times (+/-1 s)

Dump Time	2.8 s
Raising Time	4.3 s
Lowering Time	3.2 s

Articulation Motion Times (+/-1 s)

Turning Time: Right	1.2 s
Turning Time: Left	1.8 s

Structural

Front & Rear Frames	Welded steel box construction
Material	ASTM A572 GR50 (CSA G40.21-50W)
Bucket	Joy EZ-fill cast cutting edge

Powertrain

Engine	Cummins QSB 4.5T
Output	97 kW (130 hp) @2500 rpm

General	
Air Filtration	Donaldson (dry type)
Exhaust System	DOC
Fuel Tank Capacity	129 litres 34 USG

Converter	Dana C270 series
------------------	------------------

Transmission	Dana 32000 series
Shifting	Powershift c/w modulation
Speeds	3 Forward / 3 Reverse

Axles	
Front & Rear	Dana 14D2149
Differential, front	Limited slip
Differential, rear	No-spin
Brakes	Spring applied, hydraulic release
Oscillation Angle	+/- 5 deg

Tires	Bias L5S (smooth)
Size	12.00 x 24

Hydraulics

System Design
Variable displacement piston pump with load sensing open center circuit design for optimal efficiency. Proportional hydraulic valve with closed centre spool with priority steering, shock valves and load sense relief valves.

Bucket/Boom Control
Single 2 axis proportional electric joystick

Steering Control
Single 1 axis proportional electric joystick with gear selector

Brake System
Service brakes are enclosed spring-applied, hydraulically released, liquid cooled multi-disk on all four wheel ends. The service brakes also function as emergency and park brakes. Brakes will apply upon loss of hydraulic pressure or electrical power.

Bucket Dump Cylinder One (1), double acting, single stage, Z-link

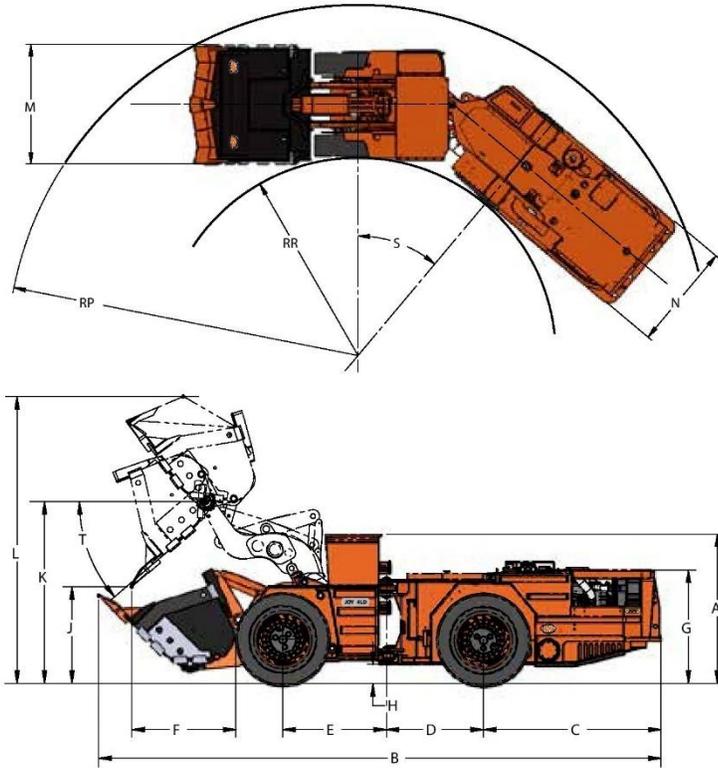
Boom Hoist Cylinder Two (2), double acting, single stage

Steer Cylinder One (1), double acting, single stage

Hydraulic Tank Volumes 152 litres 40.2 US Gal

Electrical Equipment

Alternator	24V/70A
Batteries	2 x 24V HD
Starter	24V
Driving & Working Lights	2 Front / 2 Rear (LED)



Overall Dimensions

A	Height to top of canopy	2035 mm	80 in
B	Tramming length	7650 mm	301 in
C	Length - rear axle to bumper	2417 mm	95 in
D	Centre hinge to rear axle	1319 mm	52 in
E	Centre hinge to front axle	1410 mm	56 in
F	Reach	1417 mm	56 in
G	Height to top of hood	1547 mm	61 in
H	Height - ground clearance	261 mm	10 in
J	Height - dump clearance	1318 mm	52 in
K	Height - bucket pin	2476 mm	97 in
L	Height - bucket raised	3906 mm	154 in
M	Width overall	1778 mm	70 in
N	Max width RF	1575 mm	62 in
RP	Outside radius	5209 mm	205 in
RR	Inside radius	2938 mm	116 in
S	Turn angle		40 deg
T	Dump angle		41 deg
U	Roll back angle		45 deg

Options

- 2.4 m³ (3.0 cu yd) bucket
- Ejector bucket - 1.7 m³ (2.2 cu yd)
- Enclosed cabin with AC
- Fire suppression system (manual, automatic)
- Quick attach system (bucket, forks)
- Radio remote control
- Spare rim/wheel

(Other options available – ask a Joy Global sales representative for details)

Engine Options

Engine	Certification	Displacement	Output	Maximum Torque	No. of Cylinders	Cooling Type	Induction Type	Governor
Cummins QSB 4.5T	EPA Tier 3, EU Stage III MSHA	4.5 litres	97 kW (130 hp) @2500 rpm	622 Nm (459 ft-lbs) @1500 rpm	4	Liquid	Turbo, charge air	Electronic
MTU MBE 904	EPA Tier 3, MSHA CANMET	4.25 litres	110 kW (148 hp) @2200 rpm	580 Nm (428 ft-lbs) @1200-1600 rpm	4	Liquid	Turbo, charge air	Electronic



Product designs, specifications and/or data in this document are provided for informational purposes only and are not warranties of any kind. Product designs and/or specifications may be changed at any time without notice. The only warranties that apply to sales of products and services are Joy Global's standard written warranties, which will be furnished upon request.

Joy Global, Joy, Montabert P&H and related logos are trademarks of Joy Global Inc. or one of its affiliates. © 2016 Joy Global Inc. or one of its affiliates. All rights reserved.

joyglobal.com

ANEXO B

Extracto Matriz de Riesgos Puesta En Marcha 4LD

AREA/PROCESO																						
N°	ÁREA / ACTIVIDAD	FOTOGRAFIA	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA / ACTIVIDAD	IDENTIFICACIÓN DE:		EVALUACION DE RIESGO PURO				IDENTIFICACIÓN DE AGENTES		EVALUACION DE RIESGO PURO		JERARQUIA DE CONTROLES DE SEGURIDAD, SALUD OCUPACIONAL, MEDIO AMBIENTE Y COMUNIDADES			EVALUACION DE RIESGO RESIDUAL					
				PELIGROS/ ASPECTOS	RIESGOS/ IMPACTOS	P	C	YEP	MAGNITUD DEL RIESGO	HIGIENE OCUPACIONAL (PELIGRO)	HIGIENE OCUPACIONAL (RIESGO)	EVALUACIÓN DEL RIESGO	NIVEL DEL RIESGO	CONTROLES DE INGENIERÍA	SEÑALIZACIÓN, ADVERTENCIAS Y/O CONTROLES ADMINISTRATIVOS	EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP)	SEGURIDAD			HIGIENE OCUPACIONAL		
																	CLASIFICACIÓN DEL RIESGO	EVALUACIÓN DEL RIESGO	NIVEL DEL RIESGO			
1	Intervención de Scoop 4LD Interior Mina		Intervención de Scoop 4LD Interior Mina, Remolque/Libración de Freno	Trabajos en Interior mina, trabajos cruzados, tránsito de equipos, iluminación y/o ventilación insuficiente, Exposición a polvos, Derrumbes	Atrapado Por, golpeado por, malestar por falta de oxígeno	2	3	6	Moderadamente Crítico	Ruido	Bajo			Radio de comunicaciones, bloqueos, luminarias	Procedimiento Intervención de Scoop 4LD Interior Mina	<ul style="list-style-type: none"> - Casco de seguridad con barbiqueja y partelámpara - Lentes de seguridad - Punter protector auditiva y auricular para condiciones en ambientes. - Guantes. - Bata reflectante con reflectante. - Lámpara o batería - Bata de seguridad - Autorretardador - Cinturón Minero 	1	3	3	Moderadamente Crítico	N/A	N/A
2	Cambio Manual de Ruedas de Scoop JOY4LD		Levantar equipo con gato hidráulico, Torque de pernos, Cambio de neumático de gran tamaño	trabajo con elementos pesados y de gran tamaño trabajos cruzados, tránsito de equipos	Atrapado por, golpeado por, caídas de distinto mismo nivel	2	3	6	Moderadamente Crítico	Ruido	Bajo			Uso de herramientas Hidráulicas	Procedimiento del Cambio Manual de Ruedas de Scoop JOY4LD	<ul style="list-style-type: none"> - Casco de seguridad con barbiqueja y partelámpara - Lentes de seguridad - Punter protector auditiva y auricular para condiciones en ambientes. - Guantes. - Bata reflectante con reflectante, si las condiciones lo ameritan. - Lámpara o batería si las condiciones lo ameritan. - Bata de seguridad si las condiciones lo ameritan. - Autorretardador si las condiciones lo ameritan. - Cinturón Minero si las condiciones lo ameritan. 						
3	Mantenimiento de 250 Hrs. y cambio de piezas y partes menores Scoop 4LD		Mantenimiento Programada Joy 4LD	Trabajos cruzados, tránsito de equipos, iluminación insuficiente, Exposición a polvos, Radiación Solar, Manipulación de Herramientas	Atrapado por, golpeado por, caídas de distinto mismo nivel, Quemaduras Solar	2	2	4	Moderadamente Crítico	Ruido	Bajo			Radio de comunicaciones, bloqueos, luminarias, Uso de herramientas Hidráulicas	Procedimiento Mantenimiento de 250 Hrs. y cambio de piezas y partes menores Scoop 4LD	<ul style="list-style-type: none"> - Casco de seguridad con barbiqueja y partelámpara - Lentes de seguridad - Punter protector auditiva y auricular para condiciones en ambientes. - Guantes. - Bata reflectante con reflectante, si las condiciones lo ameritan. - Lámpara o batería si las condiciones lo ameritan. - Bata de seguridad si las condiciones lo ameritan. - Autorretardador si las condiciones lo ameritan. - Cinturón Minero si las condiciones lo ameritan. 						

ANEXO C

Plan de Mantenimiento LHD 4LD

PLAN INSPECCION DIARIO

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Gantt Chart										
						8:42	9:00	8:53	9:04	9:15	9:26	9:37	9:48	10:00	9:59	10:10
1		INSPECCION PREVENTIVA DIARIA - EQUIPO XXXXX	0,13 días	lun 03-07-17	lun 03-07-17											
2		Inspeccion de temperatura	8 mins	lun 03-07-17	lun 03-07-17											
3		Inspeccion de fugas	8 mins	lun 03-07-17	lun 03-07-17											
4		Chequeo del equipo	9 mins	lun 03-07-17	lun 03-07-17											
5		Chequeo parametros de niveles	9 mins	lun 03-07-17	lun 03-07-17											
6		Chequeo parametros del motor	9 mins	lun 03-07-17	lun 03-07-17											
7		Chequeo parametros de presion de freno de transmision	9 mins	lun 03-07-17	lun 03-07-17											
8		Chequeo nivel hidraulico	9 mins	lun 03-07-17	lun 03-07-17											

Proyecto: Plan diario Fecha: mié 05-07-17	Tarea		Resumen inactivo		Tareas externas	
	División		Tarea manual		Hito externo	
	Hito		solo duración		Fecha límite	
	Resumen		Informe de resumen manual		Progreso	
	Resumen del proyecto		Resumen manual		Progreso manual	
	Tarea inactiva		solo el comienzo			
	Hito inactivo		solo fin			

ANEXO D

Extracto de Informe Diario Equipo 4LD

1.- OBJETIVO:

Informar el estado que se encuentra al día de hoy el equipo 4LD 20 de julio 2017.

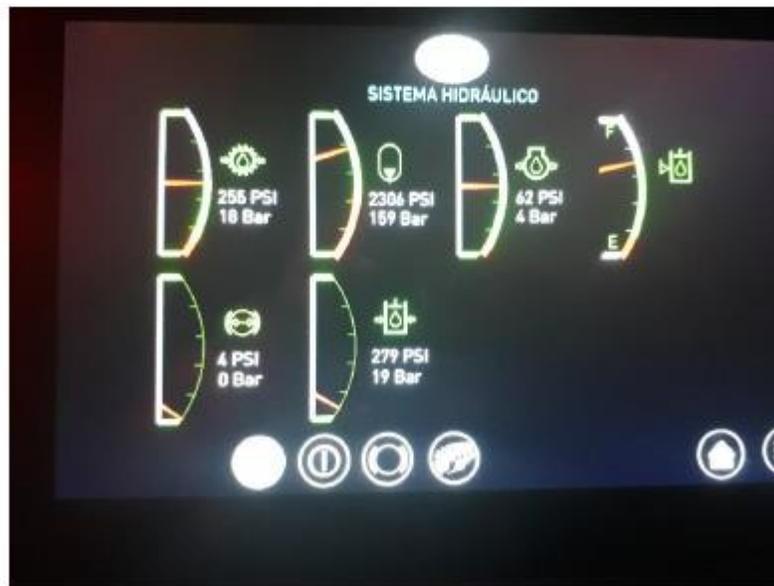
- LHD 4 Loader Diesel N/S: 16- 4633
- Horometro: 187

2.- Trabajos Realizados

2.1 – 20 Jul

- Se realiza chequeo visual del equipo, revisando niveles de transmisión, refrigerante, encontrándose OK. Ambos niveles.✓
- Se realiza chequeo a niveles de aceite diferenciales delantero y trasero encontrándose OK✓
- Se realiza chequeo visual de cilindros de levante y volteo revisando sellos del vástago OK✓
- Se realiza pauta de MP 250 en Word para dejar registrado los trabajos de la mantención 4LD

ANEXO DE FOTOGRAFIA



PRESIONES SISTEMA HIDRAULICO