

## 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 .....	4
2.1.	Estado del arte equipos LHD .....	4
2.1.1.	Equipos Diésel.....	4
2.1.2.	Equipos Eléctricos .....	5
2.2.	Caracterización de la minería subterránea en Chile.....	7
2.2.1.	Minería a gran escala .....	8
2.2.2.	Mediana Minería .....	9
2.3.	Importación equipos mineros en Chile .....	12
2.3.1.	Equipos Scoop en Chile .....	13
2.3.2.	Importación por capacidad de equipo.....	15
2.4.	Parque de equipos LHD en Chile .....	16
3.	Descripción tecnología Hibrida.....	19
3.1.	Beneficios.....	20
3.2.	Funcionamiento.....	21
3.2.1.	Puesta en marcha.....	22
3.2.2.	Aceleración.....	24
3.2.3.	Frenado .....	26
3.3.	Principales sistemas equipo hibrido .....	29
3.3.1.	Motor Switched Reluctance .....	30
3.3.2.	Sistema almacenamiento de Energía (KESS) .....	31
3.4.	Comparación con equipos diésel. ....	32
4.	Primera implementación de la tecnología hibrida.....	36
4.1.	Resultados operacionales .....	36
4.2.	Aspectos a rescatar.....	37

4.3. Aspectos negativos .....	40
5. Implementación tecnología Híbrida en Chile .....	41
5.1. Descripción y objetivos.....	41
5.2. KPI claves .....	42
6. Estructura del mercado de los equipos minería subterránea .....	43
6.1. Proveedores.....	43
6.1.1. Atlas Copco .....	44
6.1.2. Caterpillar .....	44
6.1.3. Sandvik.....	46
6.2. Oferta de quipos.....	46
6.3. Clientes .....	49
6.3.1. Gran Minería.....	50
6.3.2. Mediana Minería .....	52
6.3.3. Empresas contratistas .....	52
7. Análisis de mercado.....	53
7.1. Análisis FODA.....	53
7.1.1. Fortalezas.....	54
7.1.2. Oportunidades .....	55
7.1.3. Debilidades.....	56
7.1.4. Amenazas.....	57
7.2. Análisis Fuerzas de Porter .....	57
7.2.1. Peligro de entrada de nuevos participantes.....	58
7.2.2. Poder de los proveedores.....	58
7.2.3. Poder de los sustitutos .....	59
7.2.4. Poder de los compradores.....	59
7.2.5. Rivalidad entre los competidores.....	60
8. Conclusiones.....	61
9. Bibliografía .....	63
ANEXO A .....	65

## Índice de figuras

Figura 1: Metodología para determinar posibilidades reales de ser comercializado. ....	3
Figura 2: Principales Sistemas LHD Diésel (Fuente: Gustafson 2013) .....	4
Figura 3: Producción de Cobre en Chile durante el año 2015 según tipo de minería (Fuente: Zablocki, 2016). ....	8
Figura 4: Número de minas subterráneas en Chile según método de explotación ..	9
Figura 5: Producción de cobre según método de explotación minería subterránea. (Fuente: Zablocki, 2013) .....	9
Figura 6: Evolución del costo C1 en la mediana minería del cobre. (Fuente: Cochilco) .....	10
Figura 7: Exportación por sector económico año 2014. (Fuente: Cochilco) .....	11
Figura 8: Canales de comercialización de la Mediana Minería según Segmento. (Fuente: Cochilco) .....	12
Figura 9: Producción de cobre de las 15 minas subterráneas de mayor tamaño de mediana minería. (Fuente: Zablocki, 2016).....	12
Figura 10: Participación por empresa de equipos de minería subterránea años 2008 – 2016 (Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Ecomex) .....	13
Figura 11: Importación de equipos LHD desde el año 2008 (Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Ecomex) .....	14
Figura 12: Precio del cobre durante los últimos 20 años (Fuente: Cochilco) .....	15
Figura 13: Importación de equipos LHD separado por capacidad nominal desde el año 2008 (Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Ecomex) .....	16
Figura 14: LHD diésel Híbrido 18HD. Fuente: U-Mining 2016. ....	20
Figura 15: Vista lateral 18HD. Fuente: Joy Global. ....	20
Figura 16: Principales sistemas equipo diésel híbrido. Fuente: Joy Global. ....	22
Figura 17: Diagrama de proceso del funcionamiento del equipo y tipos de energía involucradas. Fuente: Joy Global. ....	23
Figura 18: Diagrama del funcionamiento del LHD representando flujos de energía posibles. Fuente: Joy Global. ....	24

Figura 19: Diagrama de flujo de energía durante el proceso de cargado de la unidad KESS. Fuente: Joy Global.....	25
Figura 20: Diagrama de flujo de energía durante el proceso de aceleración en un sistema híbrido SR. Fuente: Joy Global. ....	26
Figura 21: Diagrama de flujo de energía durante el proceso de desaceleración en un sistema híbrido SR. Fuente: Joy Global .....	27
Figura 22: Diagrama de flujo de energía durante el proceso de frenado ligero en un sistema híbrido SR. Fuente: Joy Global .....	28
Figura 23: Diagrama de flujo de energía durante el proceso de frenado de emergencia en un sistema híbrido SR. Fuente: Joy Global.....	29
Figura 24: Motor SR. Fuente: Joy Global. ....	30
Figura 25: Motor SR Rotor y Estator. Fuente: Joy Global. ....	31
Figura 26 Esquema básico Motor SR. Fuente: Joy Global.....	31
Figura 27: Unidad KESS. Fuente: Joy Global .....	32
Figura 28: Comparación de aceleración, velocidad y tiempo entre equipo Diésel e Híbrido para una distancia dada. Fuente: Joy Global.....	34
Figura 29: Comparación entre ambas tecnologías de la distancia en función del tiempo para un ciclo determinado (Fuente: Elaboración propia). ....	34
Figura 30: Tiempo necesario para recorrer distintas distancias para ambas tecnologías. Incluye caso con mayor velocidad. Fuente: Elaboración propia. ....	35
Figura 31: Distribución tiempo 18 HD en Australia Julio-Octubre. Fuente: Elaboración propia. ....	37
Figura 32: Producción 18HD en Australia Julio-Octubre. Fuente: Elaboración propia .....	37
Figura 33: Histograma distancia de acarreo Ridgway Mine .....	38
Figura 34: Diseño original balde del equipo híbrido. Fuente: Joy Global.....	39
Figura 35: Nuevodiseño balde del 18HD. Fuente: Joy Global.....	39
Figura 36: Importación por año de LHD con capacidad mayor a 10 toneladas. (Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Ecomex) .....	49
Figura 37: Análisis FODA LHD Híbrido – Joy Global (Fuente: Elaboración propia) .....	53

Figura 38: Comparación TCO entre equipos Diésel e Híbrido (Fuente: Joy Global)	54
--	----

Figura 39 : Precio promedio por LHD para distintas capacidades. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Ecomex.	57
---	----

## Índice de Tablas

Tabla 1: Parque LHD en Chile por empresa. (Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Editec)	17
Tabla 2: Resumen flota de equipos por tamaño de balde. (Fuente: Elaboración propia)	18
Tabla 3: Comparación tecnologías Diésel - Híbrido. Fuente: U-Mining	33
Tabla 4: KPI a medir en prueba industrial DET. (Fuente: Codelco)	42
Tabla 5: Características físicas de equipos LHD. Fuente: Eleboracion propia.	47
Tabla 6: Características mecánicas de principales equipos LHD. Fuente: Elaboración propia.	48
Tabla 7: Flota promedio División El Teniente. Mina sin proyecto Nuevo Nivel Mina (Fuente: PND 2015 División El Teniente)	51
Tabla 8: Perfil de reemplazos de equipos LHD División Andina (Fuente: División Andina)	51
Tabla 9: Plan de compras División El Teniente. Proyecto Nuevo Nivel Mina (Fuente: PND 2015 División El Teniente)	56