UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

Repositorio Digital USM **https://repositorio.usm.cl**

Departamento de Arquitectura Arq_paso

2020-06

ANÁLISIS DE LA ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍAS DISRUPTIVAS EN LA MEDIANA MINERÍA SUBTERRÁNEA CHILENA.

RAMÍREZ VALDENEGRO, GABRIEL MAURICIO

https://hdl.handle.net/11673/49891

Repositorio Digital USM, UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

DEPARTAMENTO DE
INGENIERIA COMERCIAL
UNIVERSIDAD TECNICA
FEDERICO SANTA MARIA

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

Departamento de Ingeniería Comercial

MBA, Magíster en Gestión Empresarial

ANÁLISIS DE LA ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍAS DISRUPTIVAS EN LA MEDIANA MINERÍA SUBTERRÁNEA CHILENA.

Tesina de Grado presentada por:

Gabriel Mauricio Ramírez Valdenegro

Como requisito para optar al grado de:

MBA, Magíster en Gestión Empresarial

Guía de Tesina Cristian Carvallo González

Junio de 2020

TITULO DE TESINA: **“ANÁLISIS DE LA ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍAS DISRUPTIVAS EN LA MEDIANA MINERÍA SUBTERRÁNEA CHILENA”**

AUTOR: **Gabriel Mauricio Ramirez Valdenegro**

TRABAJO DE TESINA, presentando en cumplimiento parcial de los requisitos para el Grado de MBA, Magíster en Gestión Empresarial de la Universidad Técnica Federico Santa María.

OBSERVACIONES: _____

COMISIÓN DE TESINA:

Mg. Cristián Carvallo González, **Profesor Guía**
Dr. Hugo Osorio Zelada, **Profesor Co-Referente Interno.**
Mg. Francisco Lagos Peralta, **Profesor Externo**

Santiago, Junio 2020

Todo el contenido, análisis, conclusiones y opiniones vertidas en este estudio son de mi exclusiva responsabilidad.

Nombre: Gabriel Ramirez Valdenegro

Fecha: 26-06-2020

Índice

RESUMEN 1

1. INTRODUCCIÓN 5

1.1 Justificación del estudio 8

1.2 Objetivos 11

1.2.1 Objetivo General 11

1.2.2 Objetivos Específicos 11

1.3 Metodología 12

1.4 Alcance 14

2. ESTADO DEL ARTE 15

2.1 Antecedentes 15

2.1.1 Análisis PESTA 18

2.2 Marco Teórico 21

2.3 Tecnologías Disruptivas Analizadas y sus tendencias 29

2.3.1 Tele Operación u Operación Autónoma de Vehículos en interior mina 29

2.3.2 LTE / 5G 32

2.3.3 Big Data - IIOT (Industrial IoT) 34

2.3.4 Realidad Virtual / Realidad Aumentada 36

2.3.5 Robótica y Drones 38

2.3.6 Inteligencia Artificial - Machine Learning 40

2.4 Propuesta Metodológica 44

3. DESARROLLO 45

3.1 Entrevistas 45

3.1.1 Perfil de Entrevistados 46

3.1.2 Datos Analizados – Resultados Encontrados 51

3.2 Casos de Estudio: Medianas Mineras Subterráneas Chilenas adoptando Tecnologías Disruptivas. 62

3.2.1 Caso de Estudio: Minera Uva – Holding Cemin 63

3.2.2 Caso de Estudio: Compañía Minera Pucobre 66

3.3 Metodología de Búsqueda de Valor 70

3.4 Metodología de Gestión del Cambio – 8 Pasos de Kotter 78

4. COMENTARIOS FINALES 86

4.1 Recomendaciones 86

4.2 Conclusiones 88

5. ANEXOS 92

5.1 Detalle de las Entrevistas Realizadas 92

5.1.1 Entrevista 1 – Gerente de Tecnología Mediana Minera Subterránea. 8 Años de experiencia. 92

5.1.2 Entrevista 2 – Jefe de Tecnologías Mediana Minera Subterránea. 15 años de experiencia. 95

5.1.3 Entrevista 3 – Gerente General de empresa proveedora de Tecnología para Mediana Minería Subterránea. 30 años de experiencia. 97

5.1.4 Entrevista 4 – Supervisor Eléctrico para Mediana Minería Subterránea. 4 años de experiencia. 101

5.1.5 Entrevista 5 – Jefe de Ingeniería para Servicios Mineros Mediana Minera Subterránea. 8 años de experiencia. 103

5.1.6 Entrevista 6 – Ingeniero de Procesos Mina Mediana Minera Subterránea. 4 años de experiencia. 106

5.1.7 Entrevista 7 – Jefe de Tecnología Mediana Minera Subterránea. 10 años de experiencia. 110

5.1.8 Entrevista 8 – Supervisor de IT mediana minera subterránea. 4 años de experiencia. 113

5.1.9 Entrevista 9 – Ingeniero de Procesos Mediana Minera Subterránea. 10 años de experiencia. 116

5.1.10 Entrevista 10 – Superintendente de Mantenimiento Mediana Minera Subterránea. 20 años de experiencia. 118

5.1.11 Entrevista 11 – Administrador de Contrato Mediana Minera Subterránea. 8 años de experiencia. 120

5.1.12 Entrevista 12 – Jefe de Electricidad Mediana Minera Subterránea. 5 años de experiencia. 122

5.1.13 Entrevista 13 – Encargado de Informática Mediana Minera Subterránea. 3 años de experiencia. 124

5.1.14 Entrevista 14 – VP Ejecutivo Mediana Minera Subterránea. 23 años de experiencia. 126

5.1.15 Entrevista 15 – Gerente de Mantenimiento Mediana Minera Subterránea. 18 años de experiencia. 128

5.2 Listado de Mineras Medianas Subterráneas en Chile 131

5.3 Información relacionada a Productividad minería chilena. 134

5.4 Rankings de Exportación de metales (Cobre, Litio, Molibdeno, Plata) 135

6. BIBLIOGRAFIA 137

Índice de Figuras

Fig. 1 Esquema Resumen, propuesta en base a Metodología presentada. *13*
Fig. 2 Comparación eficiencia entre Gran Minería y Mediana Minería (2000-2014) ***Fuente****: Elaboración Comisión Nacional de Productividad a partir de datos de COCHILCO.* *17*
Fig. 3 Comparativa Mediana Minería con otras industrias *25*
Fig. 4 Cuadro Resumen Gestión del Cambio, en base a Marco Teórico propuesto. *28*
Fig. 5 LHD operado de manera remota - Fuente: https://www.immersivetechnologies.com/ *30*
Fig. 6 Camión Autónomo en Minería Subterránea - Fuente: https://www.volvogroup.com/ *31*
Fig. 7 Mejoras de 5G respecto a 4G – Fuente: World Economic Forum (https://es.weforum.org/) *32*
Fig. 8 Ejemplo de Panel de Predicción de Ocupación de Cargadores en base a Big Data- Fuente: MST Global *35*
Fig. 9 Realidad Virtual / Realidad Aumentada - Fuente: https://www.secureweek.com/ *36*
Fig. 10 Dron en Interior Mina realizando labores de mapeo geológico - Fuente: https://www.miningmagazine.com/ *38*
Fig. 11 Inteligencia Artificial y Machine Learning - Fuente: https://medium.com/topic/machine-learning *40*
Fig. 12 Años de Experiencia de los entrevistados en minería subterránea. - Fuente: Elaboración propia en base a entrevistas realizadas (ver Anexo 5.1) *46*
Fig. 13 Tipos de cargo de los entrevistados. - Fuente: Elaboración propia en base a entrevistas realizadas (ver Anexo 5.1) *47*
Fig. 14 Rol de los entrevistados dentro de la organización. - Fuente: Elaboración propia en base a entrevistas realizadas (ver Anexo 5.1) *48*
Fig. 15 Involucramiento de los entrevistados con tecnologías disruptivas en su organización. - Fuente: Elaboración propia en base a entrevistas realizadas (ver Anexo 5.1) *49*
Fig. 16 Tecnologías Disruptivas implementadas por los entrevistados en sus organizaciones. - Fuente: Elaboración propia en base a entrevistas realizadas (ver Anexo 5.1) *50*
Fig. 17 Principales motivos de por qué No se han embarcado en proyectos con tecnologías disruptivas en sus operaciones. - Fuente: Elaboración propia en base a entrevistas realizadas (ver Anexo 5.1) *51*
Fig. 18 Objetivos principales de las implementaciones realizadas por los entrevistados. - Fuente: Elaboración propia en base a entrevistas realizadas (ver Anexo 5.1) *52*
Fig. 19 Problemáticas abordadas con la implementación de tecnologías disruptivas. - Fuente: Elaboración propia en base a entrevistas realizadas (ver Anexo 5.1) *53*
Fig. 20 Principales Beneficios encontrados con la implementación de tecnologías disruptivas. - Fuente: Elaboración propia en base a entrevistas realizadas (ver Anexo 5.1). *54*
Fig. 21 Mayores dificultades al momento de la implementación de tecnología disruptiva. - Fuente: Elaboración propia en base a entrevistas realizadas (ver Anexo 5.1) *55*

Fig. 22 Opinión de los entrevistados acerca de la existencia de resistencia a la tecnología de parte de los usuarios. - Fuente: Elaboración propia en base a entrevistas realizadas (ver Anexo 5.1) *56*
Fig. 23 Motivos entregados por los entrevistados acerca del porque existe Resistencia a la tecnología. - Fuente: Elaboración propia en base a entrevistas realizadas (ver Anexo 5.1) *57*
Fig. 24 Principal barrera que encuentra cuando se propone un proyecto con tecnología disruptiva. - Fuente: Elaboración propia en base a entrevistas realizadas (ver Anexo 5.1) *58*
Fig. 25 Importancia según los entrevistados de implementar tecnologías disruptivas. - Fuente: Elaboración propia en base a entrevistas realizadas (ver Anexo 5.1). *59*
Fig. 26 Motivos de por qué es importante implementar tecnologías disruptivas. - Fuente: Elaboración propia en base a entrevistas realizadas (ver Anexo 5.1) *60*
Fig. 27 ¿Que hace falta de los proveedores de tecnología para implementar proyectos exitosos en el mercado en estudio?. - Fuente: Elaboración propia en base a entrevistas realizadas (ver Anexo 5.1) *61*
Fig. 28 Operador en sala de control. Fuente: Caso de estudio Digitalización en minería Subterránea – Sandvik – Perumin 2019 ..... *64*
Fig. 29 Sala Control de Operaciones Minera – Pucobre. Fuente: Pucobre. *68*
Fig. 30 Siete tipos de MUDA o Despilfarro según Toyota - Fuente: Kailean Consultores *72*
Fig. 31 Análisis inicial por parte del cliente al momento de evaluar una implementación de tecnología disruptiva. *73*
Fig. 32 Flujo de identificación de Valor *74*
Fig. 33 Flujo simplificado de la empresa proveedora de la solución disruptiva. *75*
Fig. 34 Método de Kotter - Gestión del Cambio en 8 pasos - Fuente Estrategia Magazine *84*
Fig. 35 Evolución de la Productividad, medida como PTF, en la minería del Cobre (2000 – 2014) *134*
Fig. 36 Ranking Principales Exportadores de Cobre (2018) *135*
Fig. 37 Ranking Principales Exportadores de Litio (2018) *135*
Fig. 38 Ranking Principales Exportadores de Molibdeno (2018). *136*
Fig. 39 Ranking Principales Exportadores de Plata (2018) *136*

RESUMEN

Es de gran importancia analizar la adopción de tecnologías disruptivas en un entorno tan cambiante como la mediana minería subterránea chilena, debido a que es un factor que genera beneficios en todo ámbito, tanto para las empresas que lo implementan, para el mercado donde se realiza y, debido a la importancia de la industria, para el país.

El ámbito de aplicación de este estudio es exclusivo para la industria de la mediana minería subterránea chilena, sin embargo, puede ser extrapolado a otros mercados y culturas similares, como la peruana. Durante la investigación se analizó principalmente cuáles son las tendencias de tecnologías disruptivas aplicables al mercado en estudio, y cómo se puede obtener valor de ellas, mediante herramientas de la metodología Lean.

Mediante entrevistas a diferentes usuarios y tomadores de decisión que participan en la mediana minería subterránea se recabó información valiosa para entender las principales dificultades y los beneficios al momento de una implementación de proyectos con tecnologías disruptivas, las principales barreras al momento de proponer proyectos de este tipo, la importancia de estas para generar mayores beneficios económicos para la organización, y las resistencias a la adopción de este tipo de tecnologías, según los encuestados.

A través de casos de estudio de compañías en el mercado se visualizan los beneficios de adoptar e implementar tecnologías disruptivas. Siendo estos:

- Aumento entre un 12% y 30% en horas de producción efectivas debido a menos tiempo de inactividad y correcta gestión de flota.
- Hasta un 10% de mejor utilización debido a mayores horas de producción efectiva y hasta un 5% de aumento en disponibilidad mecánica.
- Hasta un 15% de menores costos de mantenimiento.
- Una proyección de 45% de ahorro en gestión de neumáticos.
- Ahorro proyectado de un 20% de electricidad.

Los beneficios no económicos son:

- Aumento de la seguridad del personal al tener debidamente identificado en qué lugares están trabajando los operadores.
- Entorno más seguro de trabajo dentro de la mina.

Estos son solamente algunos de los beneficios que se pueden lograr con la correcta aplicación de tecnologías disruptivas.

En el estudio se utilizó metodología para manejar las resistencias culturales y organizacionales, y se aplicó un modelo para realizar gestión del cambio en la organización.

Finalmente, se proponen las siguientes recomendaciones a modo de guía, con el objetivo de lograr una exitosa adopción de tecnologías disruptivas en el mercado de la mediana minería subterránea chilena:

- La propuesta o implementación de una tecnología disruptiva para abordar un problema en una empresa de este rubro siempre debe estar respaldada por la alta dirección.
- Deben existir planes comunicacionales claros.
- Se debe utilizar una metodología para gestión del cambio.
- Las empresas proveedoras deben demostrar el valor de implementar este tipo de tecnologías para el cliente.
- Realizar un análisis de Retorno de Inversión (ROI) de la tecnología disruptiva propuesta.
- Contar con casos de éxito.
- Establecer partnerships y alianzas entre las empresas proveedoras y los clientes.
- Crear agentes de cambio en la organización.

ABSTRACT

It is of great importance to analyze the adoption of disruptive technologies in an environment as changing as Chilean underground mining, because it is a factor that generates benefits to all the involved parties, so much for the companies that implement it, for the market where it is implemented, and, due to the importance of the industry, for the country.

The scope of this study is exclusive to the Chilean underground mining industry, however, it can be extrapolated to other markets and similar cultures, such as Peru. During the research, the main trends in disruptive technologies applicable to the market under study were analyzed, and how value can be obtained from them, using Lean methodology tools.

Through interviews with different users and decision makers involved in medium-sized underground mining, valuable information was collected to understand the main difficulties and benefits at the time of implementing a project with disruptive technology, the main barriers when proposing projects with certain types of technologies, their importance to generate greater economic benefits for the organization, and the resistances to the adoption of this types of technologies, according to the respondents.

Through case studies of companies in the market, the benefits of adopting and implementing disruptive technologies are visualized. The economic benefits obtained by the companies are:

- Increase between 12% and 30% in effective production hours due to less downtime and proper fleet management.
- Up to 10% better utilization due to longer hours of effective production and up to 5% increase in mechanical availability.
- Up to 15% lower maintenance costs.
- A 45% projection of tire management savings.
- Projected savings of 20% of electricity.

The non-economic benefits are:

- Increase the safety of personnel by having properly identified in which places the operators are working.
- Safer work environment within the mine.

These are just some of the benefits that can be achieved with the correct application of disruptive technologies.

In the study, methodology was used to manage cultural and organizational resistance, and a model was applied to manage change in the organization.

Finally, the following recommendations are proposed as a guide, with the aim of achieving a successful adoption of disruptive technologies in the Chilean underground mining market:

- The proposal or implementation of a disruptive technology to address a problem in a company in this area must always be backed by senior management.
- There must be clear communication plans.
- A methodology for managing change must be used.
- The supplier companies must demonstrate the value of implementing this type of technology for the client.
- Perform a Return on Investment (ROI) analysis of the proposed disruptive technology.
- Have success stories.
- Establish partnerships and alliances between supplier companies and customers.
- Create agents of change in the organization.

1. INTRODUCCIÓN

Los tiempos han cambiado, todo es más prescindible e inmediato, compañías desaparecen con mayor facilidad que antes debido a componentes exógenos que no pueden controlar[12]. Ante esto se hace valioso y muy necesario poder diferenciarse con herramientas tecnológicas que nos permitan hacer más eficientes los procesos internos y externos para subsistir en este entorno altamente complejo y volátil.

Esto se hace aún más importante en una industria de materias primas, como la minería, donde los precios están establecidos por el mercado, resultando clave hacer los procesos más eficientes, para lograr ser más competitivos, y mantenerse rentables incluso en los periodos más difíciles donde los minerales caen en sus precios.

Es importante mencionar entonces que una de las formas para conseguir esa diferenciación en este rubro guarda relación con la incorporación de las tecnologías disruptivas, entendidas como aquellas que modifican y mejoran de gran manera un proceso, es decir que tienen el potencial de sustituir la manera de hacer las cosas como se hacen actualmente y de generar un cambio radical en una compañía o industria.

Dentro de la industria en estudio, los pioneros en adoptar estas tecnologías son las compañías pertenecientes a la gran minería de superficie (cielo abierto) [34] donde por la relativa simplicidad de su entorno, comparado a la minería subterránea, y por

[1]CNBC. (29 de Octubre de 2019). CNBC.com. Obtenido de https://www.cnbc.com/2019/10/29/murray-energy-joins-list-of-coal-companies-to-declare-bankruptcy.html

[2] The Wall Street Journal. (7 de Agosto de 2019). *wsj.com*. Obtenido de https://www.wsj.com/articles/metals-giant-glencore-mothballs-large-mine-amid-global-economic-trade-headwinds-11565169198

[3] Emol. (18 de Mayo de 2018). segreader.emol.cl. Obtenido de https://segreader.emol.cl/2018/05/09/A/5C3CM687/light?gt=180001

[4] Graduate School of Public Policy. (23 de Octubre de 2019). www.schoolofpublicpolicy.sk.ca. Obtenido de https://www.schoolofpublicpolicy.sk.ca/research/publications/policy-brief/innovation,-disruption-and-the-second-economy-of-mining.php

los montos de inversión que se manejan, se hace más natural embarcarse en procesos de implementación tecnológica disruptiva. La gran minería subterránea también se ha atrevido en este último tiempo a implementar tecnologías para la mejora de sus procesos internos, ya que se ha visibilizado la importancia de las mismas y se han hecho inversiones en consecuencia.

Ahora bien, si se pone foco en Chile, se puede ver que el escenario cambia en lo que a la mediana minería subterránea respecta, ya que sus montos de inversión no son tan altos como los que se manejan en la gran minería subterránea o en la minería de superficie, y cada implementación de tecnología tiene que ser justificada y debe ser costo eficiente. Los desafíos no son solo monetarios, sino que también culturales y es acá donde las tecnologías disruptivas son una fuente de oportunidades que tiene el potencial de generar mejoras y eficiencias sin parangón. Aumentar la seguridad de manera de poder tener cero accidentes y cumplir con las medidas más rigurosas. Incrementar la productividad al máximo, reduciendo costos operativos y generando rendimientos nunca antes vistos. Llevar el mantenimiento de sus flotas hacia la predicción de fallas, y de esta forma tener equipos que no paran nunca de producir.

Con todo esto es que se hace especialmente importante la exploración de nuevas herramientas para la industria de la mediana minería subterránea, la cual está siempre más expuesta a los ciclos de precios bajos de sus productos, comparados con la gran minería. Además, están en constante competencia por el talento y el capital humano contra esta industria. Estas dos variables pueden ser abordadas a través de la introducción de tecnologías disruptivas como factor de generación de valor y de eficiencia de la compañía.

Tecnologías disruptivas como Inteligencia Artificial, Realidad Aumentada, Vehículos Autónomos, LTE/5G, Big Data presentan ventajas que el mercado en estudio puede tomar y adaptar desde el punto de vista tecnológico.

Las grandes compañías mineras ya lo comienzan a entender y algunas de la mediana minería también; la tecnología, y especialmente si es disruptiva, crean una

gran oportunidad para llevar el negocio al próximo nivel, y poder seguir siendo rentables en esta industria siempre tan volátil.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1 Justificación del estudio

La productividad en la industria minera chilena ha ido decreciendo desde hace más de una década[5], y aunque existen variables geológicas que impactan en la productividad del sector, como por ejemplo la dureza del mineral, se puede inferir que los factores que posiblemente han determinado negativamente la productividad del sector se encuentran relacionados con la calidad del recurso humano, tanto a nivel operacional y gerencial, como de administración y gestión.

Es innegable el aporte y la importancia de la minería para Chile. Según un estudio de la Federación Minera de Chile[6], el aporte del sector minero al PIB del país ha promediado un 13% en la década 2008 - 2018, los montos de los años 2016 y 2017 han sido en torno a un 9%, y el año 2018 en torno al 10%, aportando adicionalmente un 55% de las exportaciones del país. Es importante entender también, que Chile tiene participación no solo en el mercado del cobre, donde es el principal productor del metal a nivel mundial, sino que, además, es el segundo mayor productor de Litio (y el país con mayor cantidad de reservas a nivel mundial), el segundo mayor productor de Molibdeno y el sexto mayor productor de plata.

Entrando en el mercado de la mediana minería, es muy importante destacar que en una entrevista de Febrero del 2018, José Miguel Ibáñez, (vicepresidente de Sonami y presidente del Comité de Mediana Minería a la fecha del estudio) precisó que la mediana minería cumple un rol geopolítico y social clave para el país, por cuanto se desarrollan en algunas zonas donde la única actividad económica relevante es precisamente la producción de las empresas mineras de estos segmentos productivos. Por ello, es muy importante que las empresas de este sector se

[5] Reporte Minero. (10 de enero de 2018). Obtenido de https://www.reporteminero.cl/noticia/noticias/2018/01/ocde-alerta-sobre-baja-productividad-de-la-mineria-en-chile

[6] Federación Minera de Chile. (5 de febrero de 2018). PIB MINERO EN CHILE, INVERSIÓN, ESTRUCTURA PRODUCTIVA Y PROYECCIONES.

mantengan rentables, económicamente estables y con herramientas que favorezcan su desarrollo, ya que esto es muy positivo para la economía nivel país. Es entonces uno de los desafíos de la mediana minería, aumentar los niveles de eficiencia y productividad para enfrentar escenarios de costos más acotados y la siempre presente volatilidad en los precios de los metales.

En este sentido una de las herramientas que está hoy en día al alcance de la mediana minería subterránea en Chile es la tecnología. Pero es acá donde se presenta la primera pregunta que justificará el análisis y estudio: *¿Es la mediana minería subterránea chilena resistente a la adopción de tecnologías, y aún más si son disruptivas?* La hipótesis inicial que se plantea en este análisis es que el mercado de la mediana minería subterránea chilena es de hecho resistente a la adopción de tecnologías, esto principalmente basado en la experiencia del autor de 8 años en el rubro de las tecnologías para el mercado en estudio.

Ahora, ¿Existen casos de compañías que buscan liderar y ser adoptadores tempranos en la mediana minería subterránea chilena?, uno de los objetivos de este estudio es resolver y entregar la respuesta a esta interrogante, se analizarán las excepciones, donde se pondrá foco en dos compañías del segmento en análisis (Minera Punta del Cobre y Minera Uva), casos en los cuales se profundizará más en detalle en el capítulo 3.2.

Existen antecedentes que son alentadores, citando el análisis realizado por Cochilco[7] a este segmento durante el año 2018, en el cual se observa que, aunque el trabajo mecanizado es por lejos el que concentra actualmente el mayor uso dentro de las operaciones de mediana minería, alcanzado un 70% de preponderancia, se proyecta una disminución al 57% hacia 2028. En paralelo, se aprecia un aumento significativo del trabajo tecnologizado, desde un 7% en 2018 a un 19% en 2028.

[7] Cochilco. (2018). Capital humano actual y proyección de necesidades en la mediana minería del cobre en Chile.

Esto muestra que la mediana minería subterránea en Chile está mirando hacia el futuro de sus operaciones con la tecnología como una de las variables de la ecuación y, por ende, un análisis de cómo adoptar tecnologías disruptivas, que pueden generar un cambio radical en la operación de las mismas, puede ser clave, de la misma forma que proponer alternativas de cómo abordar las resistencias de adopción a las mismas.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

- Proponer una guía para la mediana minería subterránea chilena en la adopción de tecnologías disruptivas, con el objetivo de que pueda mantenerse como una industria competitiva.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Realizar un análisis del mercado en estudio y de las tecnologías disruptivas existentes y aplicables.
- Descubrir las diferentes barreras y paradigmas culturales propios de la mediana minería subterránea chilena, para entender las obstrucciones a la adopción de las mismas.
- Identificar el valor y los beneficios de adoptar mejores y modernas prácticas a través de la tecnología.
- Proponer metodologías que ayuden a cambiar los paradigmas actuales, y establezcan una línea base, tanto para la adecuada implementación de las tecnologías con valor demostrado dentro de la organización, como para la educación del mercado en estudio.

1.3 Metodología

A través de búsqueda bibliográfica y la experiencia del autor se realizará un análisis del mercado en estudio, de las tecnologías disruptivas existentes y aplicables, y de gestión del cambio y cambio organizacional.

A su vez, por medio de 15 entrevistas a distintos perfiles de usuarios, evaluadores, influenciadores y tomadores de decisión de medianas mineras subterráneas chilenas, se buscará conocer los principales beneficios económicos y las diferentes barreras existentes, así como también, los paradigmas y resistencias culturales actuales propias de la idiosincrasia en la que se desenvuelven.

Se realizara una exposición de dos casos de estudio, a través de los cuales se demostrara el valor de manera cuantitativa y cualitativa los cuales potenciado esto con las entrevistas a los tomadores de decisión.

Se aplicará metodología para la búsqueda de valor, haciendo énfasis en que es el valor desde punto de vista del cliente, y como las empresas proveedoras de las tecnologías disruptivas en análisis pueden generarlo. Además, se propondrá una metodología que permita evaluar dichos paradigmas y gestionar la resistencia, creando influenciadores internos en las compañías, los que ayudarán a la adecuada implementación de planes de tecnología disruptiva creadora de valor para la organización.

Se presenta el siguiente esquema a modo de resumen:

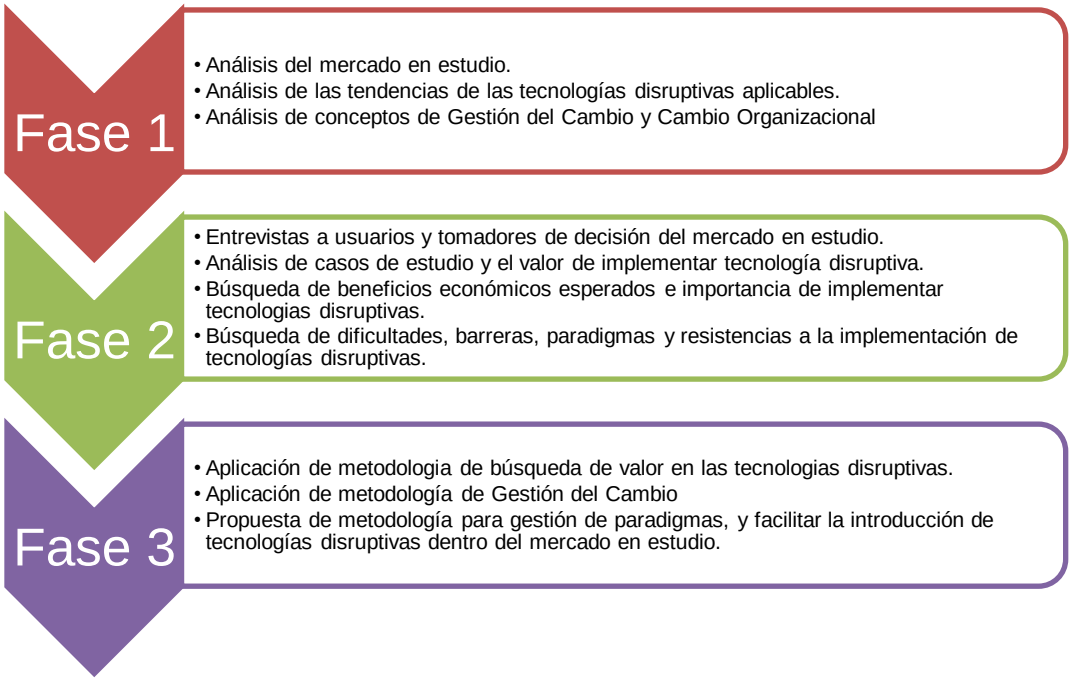


Fig. 1 Esquema Resumen, propuesta en base a Metodología presentada.

1.4 Alcance

En el curso de esta investigación se buscará principalmente conocer las tecnologías disruptivas existentes creadoras de valor y, en paralelo, los beneficios, así como también, las barreras y los paradigmas actuales de la industria en estudio, los cuales hoy pueden dificultar su adopción e implementación. Cabe destacar que las tecnologías a revisar en este estudio han tenido una gran explosión en cuanto a su introducción, aceptación y uso durante el periodo 2009 - 2019 y, por ello, se abarcará principalmente dicho periodo de tiempo en este análisis.

El alcance de este documento será de tipo descriptivo, con el objeto de describir el fenómeno de la adopción de tecnologías disruptivas en la mediana minería subterránea chilena, se buscará especificar propiedades, características y rasgos importantes del mismo.

Finalmente, se espera que este análisis sea una base para un estudio aún más profundo de este mercado, o de otros relacionados, tales como la pequeña minería en Chile o la mediana minería subterránea en un mercado emergente similar como lo es el del Perú.

2. ESTADO DEL ARTE

2.1 Antecedentes

Al día de hoy, la disrupción digital[8] y su potencial impacto en la industria minera subterránea en Chile ha sido investigado y tratado principalmente por centros de pilotaje de universidades, y seminarios tecnológicos de la industria[24][27][28].

Los centros de pilotaje que tienen algunas universidades son un nicho muy interesante para probar tecnología disruptiva[9] que ha sido aplicada en otros lugares del mundo, y que tienen el potencial de aportar a la industria de la mediana minería subterránea chilena, esto, debido a su orientación académica y sus colaboraciones con empresas multinacionales proveedoras de tecnología para minería. Estos centros de pilotaje han puesto sus ojos en la mediana minería, debido al potencial impacto que pueden generar las tecnologías en esta industria. Así lo considera el representante de la Universidad Adolfo Ibañez del Centro Integrado de Pilotajes y Tecnologías Mineras (Ciptemin), Juan Daniel Silva, en una entrevista con el sitio Minería Chilena en Febrero de 2019, quien afirma que en mediana minería, "la ventaja para testear nuevas soluciones es la escala productiva, pues requiere un costo de prueba menor para validar. A eso se suma la variedad de procesos productivos que tiene este segmento minero, que incluye minería del cobre, oro, plata y otros minerales metálicos y no metálicos".

Otro punto muy interesante que plantea Juan Daniel Silva en esta misma entrevista, es que destaca que todas las pruebas y validaciones tecnológicas que tengan lugar en la mediana minería chilena pueden ser exportables a otros países de la región o de cultura similar. Según sus palabras "En Chile, la gran minería es gigante. Normalmente la minería extranjera se parece más a la mediana minería. Por lo tanto, lo que se valide y certifique en este segmento en Chile, también podrá ser

[8] Se entiende por Disrupción Digital aquella alteración que es producida por un cambio, debido a las nuevas tecnologías digitales y de los modelos de negocio, que afecta sensiblemente al supuesto valor de los productos y de los servicios existentes.

[9] Se entiende por Tecnología disruptiva a la tecnología que tiene el potencial de modificar y mejorar de gran manera a un proceso, producto o forma de hacer las cosas.

exportable al mundo minero, sobre todo en países vecinos como Perú, Colombia, Brasil y México".

La mediana minería subterránea chilena es un sector que cuenta con ventajas que le permiten -con el apoyo adecuado, especialmente en materia de fomento- seguir desarrollándose y contribuyendo a su entorno local, regional y al país, lo cual es muy relevante, ya que según un estudio de Enami[10], en el año 2017, el impacto de la actividad minera en regiones netamente dependientes de esta actividad, como la región de Atacama, es altamente relevante, en donde por cada dólar que las compañías de este segmento vendían a Enami, se generaban US$1,09 adicionales a la economía de la región. En el caso de Coquimbo el impacto era de US$1,05.

Por otro lado, existen hoy compañías mineras del segmento en análisis que propician la posibilidad de ofrecer parte de sus instalaciones para que distintas empresas innovadoras prueben sus tecnologías, como es el caso de la compañía Pucobre, la cual constantemente está validando tecnologías potencialmente disruptivas para la mejora de sus procesos[11]. Esta iniciativa es muy virtuosa, ya que permite a ambas partes ganar y crecer a través de aprendizaje mutuo.

Otro caso muy interesante de analizar es el holding minero chileno Cemin, específicamente en su operación Complejo Industrial Amalia Catemu, donde comenzaron sus operaciones con maquinaria autónoma, con camiones sin conductores y scoops telecomandados, estas tecnologías caen dentro de la categoría de disruptivas en la industria en análisis[12]. Además, cuentan con una planta piloto para probar nuevas tecnologías y, con esto, innovar y hacer sus procesos cada vez más eficientes.

El gran negocio de la mediana minería es la eficiencia, sobre todo si se revisan análisis como el realizado por la Comisión Nacional de Productividad en su estudio de Productividad en la gran minería del cobre (2017), donde en uno de sus capítulos

[10] Revista Minería Chilena. (10 de Febrero de 2019). mch.cl. Obtenido de https://www.mch.cl/reportajes/el-potencial-de-la-mediana-mineria/

[11] Para más detalles ir al Caso de Estudio, capítulo 3.2.2

[12] Para más detalles ir al Caso de Estudio, capítulo 3.2.1

compara los resultados, desde el punto de vista de eficiencia, de la gran minería versus la mediana minería, y queda en evidencia que tanto la Gran Minería como la Mediana Minería perdieron eficiencia. La Gran Minería perdió un 14% de eficiencia entre 2000 y 2014 lo que implica una caída anual promedio en productividad de 1% al año. La mediana minería por su parte perdió un 43% de eficiencia lo que implica una caída anual promedio de productividad de 2,6%, este análisis se realizó en base a la utilización de horas-hombre por Kg. tonelada de material movido (Ver Figura 2).

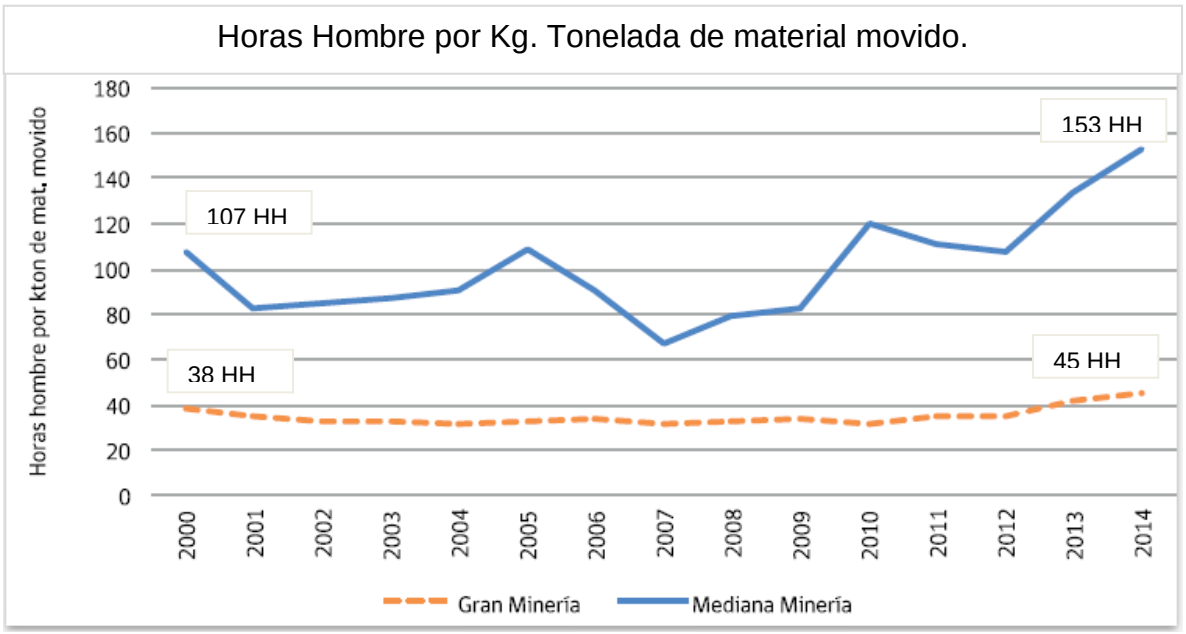


Fig. 2 Comparación eficiencia entre Gran Minería y Mediana Minería (2000-2014)
***Fuente**: Elaboración Comisión Nacional de Productividad a partir de datos de COCHILCO.*

Hoy existe un gran camino que recorrer para desarrollar soluciones localmente para el apoyo en el aumento de Seguridad, Eficiencia y Productividad, y que Chile se transforme en un generador de tecnología en este ámbito. Por el momento, la mediana minería subterránea chilena está en el proceso de importar tecnologías que agreguen valor al proceso minero y de exportar buenas prácticas operacionales.

2.1.1 Análisis PESTA

Realizar un análisis del tipo PESTA ayudará a indagar más profundamente en el entorno actual al que se ve enfrentado el potencial ingreso de tecnología disruptiva en el mercado en estudio.

Desde el punto de vista **político** se ha visto en los últimos gobiernos, sin importar la tendencia que este tenga, un empuje hacia potenciar e integrar tecnologías disruptivas para la misma, ya sea importada o local.

Es sabida la importancia de la minería para el país, y sin importar el gobierno que venga apoyará más que al rubro mismo, a maneras de hacerlo más sustentable, limpio, efectivo, eficiente y moderno.

A la fecha del estudio (marzo, 2020), Chile se encuentra en un clima más bien adverso para inversión, ya que incluso hay legislaciones pendientes que pueden cambiar el panorama del país de forma radical para la industria, sin embargo, el ingreso de tecnologías siempre será algo deseable para la minería subterránea, y se verá como apoyo vital para la responsabilidad social corporativa, los asuntos ambientales y la protección de datos del cliente.

En lo **económico** Chile, en el periodo 2000 – 2020, ha sido un país muy estable y de un crecimiento sostenido, por lo mismo mucha inversión extranjera, tanto en exploración y explotación minera, como en inversión tecnológica ha vuelto su cara al país de manera muy positiva. Chile cuenta con grandes reservas en cobre y otros minerales como litio, renio, nitratos y yodo, que le da un liderazgo a nivel mundial, y cuenta con una amplia cartera de inversiones en la minería. En un análisis realizado por Cochilco[13] para el año en curso (2020), se explica que de la cartera de proyectos mineros que están previstos desde 2020 a 2028, el próximo año se acumularán desembolsos por hasta US$10.375 millones, cifra que es un 57% superior a la observada para el año 2019. De acuerdo a la distribución de esta inversión, hasta el 85% de los montos que están comprometidos tienen que ver con desarrollos

[13] Inversión en la minería chilena - Cartera de proyectos 2019 -2028

ligados al cobre, mientras que el 15% restante corresponde al grupo otros minerales, que contempla la minería de oro, hierro, litio y minerales industriales.

Si bien es cierto que económicamente hoy Chile pasa por un bache económico debido a los temas sociales actuales[1] se proyecta que para el periodo 2021-2022 vuelva la estabilidad económica y la inversión retome donde dejó todo antes de octubre de 2019. Esto será realidad, sólo si los actores públicos y privados, de la mano de políticas y sinergias, logran definir y concordar en un plan a la espera de la recuperación del mercado en un par de años.

En lo **sociocultural** es donde se separa la tendencia de implementación de tecnologías disruptivas en los países desarrollados con el mercado en estudio. Desconocimiento y temor son las emociones que dominan a los usuarios de tecnologías disruptivas al momento de una potencial implementación, existe la intención de la alta dirección de hacerlo, pero los problemas vienen desde el que usa la tecnología. Esta resistencia al cambio se explica ya que muchos piensan que la automatización inteligente va a quitar puestos de trabajo[14].

Los factores **tecnológicos** juegan a favor, ya que hoy existen tecnologías disruptivas implementadas en diferentes partes del mundo que mejoran procesos, crean entornos de trabajo más seguros, y hacen más eficientes cada una de las piezas de la cadena de valor de la industria en estudio[15]. Adicional a esto, nueva tecnología emerge con potencial disruptiva día a día, y esta es una tendencia que no va a parar.

También existen los centros de pilotaje, como por ejemplo el Centro Integrado de Pilotajes y Tecnologías Mineras (Ciptemin), el centro de pilotaje de AMTC, o la mina piloto Brillador propiedad de la Universidad de La Serena, para probar tecnologías que permiten a las nuevas generaciones venir con el gen y el ímpetu de implementarlas para hacer mejor la operación. Mineras medianas subterráneas

[14] Véase Fig. 22 Motivos entregados por los entrevistados acerca del porque existe Resistencia a la tecnología – Pág. 55

[15] Bibliografía: Sitios Web del 3 al 20

chilenas están siendo adoptadores tempranos de tecnologías disruptivas y muchas practicas operacionales se están adoptando desde el extranjero.

Finalmente, desde lo **ambiental**, la implementación de tecnologías disruptivas tiene el potencial de cambiar la industria. Siempre se ha cuestionado el rol medio ambiental de las compañías mineras, y la tecnología puede ser un factor de cambio vital al hacer operaciones más "verdes" y sustentables. Visto desde el lado de la compañía minera, la implementación de tecnologías puede evitarle también millonarias multas o barreras de entrada que potencialmente pueden detener la operación o llevarla a su cierre definitivo.

El análisis PESTA permite identificar que Chile, a pesar de los inconvenientes socioculturales y económicos por los que atraviesa a la fecha del estudio (marzo 2020), sigue siendo un mercado interesante en el mediano plazo para la inversión minera, y un polo atractivo para implementadores de tecnología, debido a la gran cantidad de proyectos actuales y en carpeta, los que se estiman en una inversión de US$ 65.747 millones para el periodo 2018-2027, e involucra 44 proyectos mineros[16].

Ahora bien, para profundizar en los términos de tecnologías disruptivas en la mediana minería subterránea chilena, es relevante contextualizar a qué se refiere cuando se habla del fenómeno analizado, tanto desde el punto de vista de conceptualización, tipos de tecnologías analizadas, mercado en análisis y su importancia. A continuación, se definirá el concepto de tecnología disruptiva, se definirán los tipos de tecnologías a analizar y sus tendencias, se definirá el alcance del mercado en análisis y su relevancia para la economía de Chile. Se introducirán también los conceptos de gestión del cambio y cambio organizacional, como herramientas para analizar, entender, y manejar las barreras y resistencias a adoptar tecnologías disruptivas.

[16] Ministerio Minería Chile. (24 de septiembre de 2018). http://www.minmineria.gob.cl. Obtenido de http://www.minmineria.gob.cl/ministro_medios/cartera-de-proyectos-mineros-2018-2027-alcanzaria-una-inversion-de-us-64-747-millones/

2.2 Marco Teórico

Es importante entender a qué se refiere en este estudio cuando se habla de tecnología disruptiva, ya que puede mal interpretarse o fácilmente confundirse con términos como tecnologías emergentes o innovadoras, lo que en ciertos contextos puede no estar totalmente errado, pero si existen marcadas diferencias entre estos conceptos.

La tecnología disruptiva puede ser definida como aquella que modifica y mejora de gran manera a un proceso, producto o forma de hacer las cosas, al eliminar los sistemas o hábitos que reemplaza porque tiene atributos que son reconociblemente superiores, obvios para los primeros usuarios o adoptadores tempranos. Este cambio o disrupción no ocurre de la noche a la mañana, y puede ser que pasen varias etapas de redefinición de la tecnología, hasta que alcance su madurez y desplace a la tecnología actual, cambiando por completo la industria.

Esta teoría de tecnología disruptiva fue acuñada por primera vez gracias a Clayton Christensen, el cual la popularizó en su libro *The Innovator's Dilemma* en el año 1997, y no es un fenómeno reciente. Tomemos el ejemplo de los computadores personales en las décadas del 70 y 80, donde tener un computador como se entiende hoy era prácticamente imposible, sin embargo, Apple redefinió el concepto y cambió la industria para siempre con la incorporación del computador de escritorio, y con su visión de que todas las personas llegarían a tener un computador personal. Lo mismo aplica para el internet, la televisión vía streaming, el Smartphone, y tantos otros productos o tecnologías que redefinieron y disrumpieron sus industrias por completo.

Es importante mencionar que hay varias maneras de realizar un acercamiento a las tecnologías disruptivas desde el punto de vista de una organización o un mercado. Hay organizaciones que tomarán riesgos y adoptarán más rápido una tecnología que tiene el potencial de cambiar de manera significativa su operación. Sin embargo, otras compañías pueden tomar una posición más reacia al riesgo y

adoptar una innovación solo después de ver cómo funciona para los demás. Este enfoque es el que se ve más tendiente en el mercado en estudio.

Hay organizaciones que no dimensionan los efectos que la tecnología disruptiva puede generar, y solo se les hace visible cuando se ven perdiendo participación en el mercado, y ven a otra compañía de operación similar haciendo más eficiente sus procesos, o más rentable su operación, gracias a la integración de este tipo de tecnologías.

Desde el punto de vista de las tecnologías disruptivas , se revisarán:

- Tele Operación u Operación Autónoma de Vehículos en interior mina.
- LTE / 5G
- Big Data - IIOT (Industrial IoT)
- Realidad Virtual / Realidad Aumentada
- Robótica y Drones
- Inteligencia Artificial - Machine Learning

Las tecnologías antes mencionadas fueron seleccionadas debido a que son las que se han venido evaluando con más fuerza en el segmento de la mediana minería subterránea chilena, e incluso se han venido implementando en algunos casos del segmento en estudio, y ya cuentan con una madurez en la gran minería subterránea o en la minería de superficie. Se exponen en la bibliografía casos que sustentan esta aseveración[17] .

Implementar tecnologías disruptivas no es una tarea fácil ni trivial, muchas barreras existen desde el punto de vista de las compañías del segmento en estudio, respecto a que no se implementan tecnologías disruptivas en su operación porque pueden llegar a ser muy caras, o sencillamente este tipo de proyectos no pasa el proceso de la evaluación económica[18]. Es por este motivo que es necesario demostrar el

[17] Bibliografía: Sitios Web del 3 al 20

[18] Véase Fig. 16 Principales motivos de porque No se han embarcado en proyectos con tecnologías disruptivas en sus operaciones – Pág. 49. y Fig. 23 Principal barrera que encuentra cuando se propone un proyecto con tecnología disruptiva – Pág. 56.

valor de implementar una tecnología disruptiva, en vez de una tecnología tradicional o de seguir haciendo las cosas como se vienen haciendo, desde el punto de vista de los beneficios hacia el cliente, para abordar una problemática dentro de la organización.

Para lograr este objetivo se utilizarán algunas herramientas de la metodología Lean, específicamente las relacionadas para la búsqueda de valor en la implementación y uso de tecnologías disruptivas.

Es importante, primero, definir el concepto de creación de valor para aclarar su significado y origen. Numerosos investigadores han intentado definir el concepto de valor a partir de varias perspectivas diferentes. Todos han intentado explorar formas en que las empresas pueden lograr mayores beneficios invirtiendo capital, llevando a cabo operaciones eficientes y utilizando sus recursos existentes. Ha habido varios intentos de crear una estrategia de filosofía de gestión, no solo para mejorar los beneficios generales de los accionistas sino también para agregar valor a clientes y proveedores en sus transacciones. Armitage y Fog (1996) introducen el termino Gestión de Valor, el cual se describe como una filosofía de gestión construida sobre el principio de crear beneficios económicos. Por otro lado, Condon y Goldstein (1998) ven a la Gestión de Valor como una filosofía de gestión que utiliza herramientas analíticas y procedimientos para ayudar a las organizaciones a centrarse en el objetivo único de entregarle más valor a los accionistas. Liu y Mei (2002) definen el valor como un servicio que se desarrolla desde principio a fin mediante la toma de decisiones basada en los valores de la empresa, y asegurando la maximización del valor funcional de un proyecto.

La creación de valor depende de tres partes: clientes, empleados e inversores (O'Malley, 1998). Por lo tanto, hacer coincidir las prácticas de los clientes y proveedores no requiere solo un reconocimiento de lo que significa el valor, sino también una comprensión de la importancia del proceso de creación de valor.

Lean por otro lado, tiene como idea central maximizar el valor de cara al cliente y minimizar el desperdicio o lo que es lo mismo, crear más valor con menos recursos.

El pensamiento Lean se trata de agregar valor, donde el valor lo define el cliente. Tiene sus raíces en el rubro de la fabricación y existen múltiples ejemplos de su impacto en operaciones (Julien y Tjahjono, 2009). Por ejemplo, fue utilizado por Toyota (Mathaisel, 2005; Monden, 1983; Ohno, 1988; Shingo, 1989), y se demostró que facilita el aumento de capacidad, mayor calidad y mayor productividad al tiempo que reduce inventario y plazos de entrega de los pedidos, (Mathaisel, 2005; Kilpatrick, 1997) y permite centrarse en Sistemas de fabricación flexibles para aumentar la eficiencia de la producción.

Una organización Lean enfoca sus procesos claves hacia el aumento de valor de forma continua. El objetivo final es proporcionar un valor perfecto para el cliente, a través de un proceso de creación donde no existe el desperdicio.

Podría resumirse que la metodología Lean se basa en 3 ideas muy simples:

1. Entregar valor, entendido desde la perspectiva del cliente.
2. Eliminar residuos, entendidos como todo lo que no aporte valor al producto final.
3. Avanzar hacia la excelencia, en base a la mejora continua y constante.

Ahora, ya generalizado el termino de tecnologías disruptivas, revisado qué tecnologías se abordarán en este estudio e indicando porqué es importante demostrar valor de cara al cliente, y cómo se realizará, es también muy importante situarse en el contexto de la industria en la cual se desarrolla este estudio, ya que mediana minería es un término muy amplio, por lo que es necesario indicar qué se entiende cuando se refiere a este segmento de mercado.

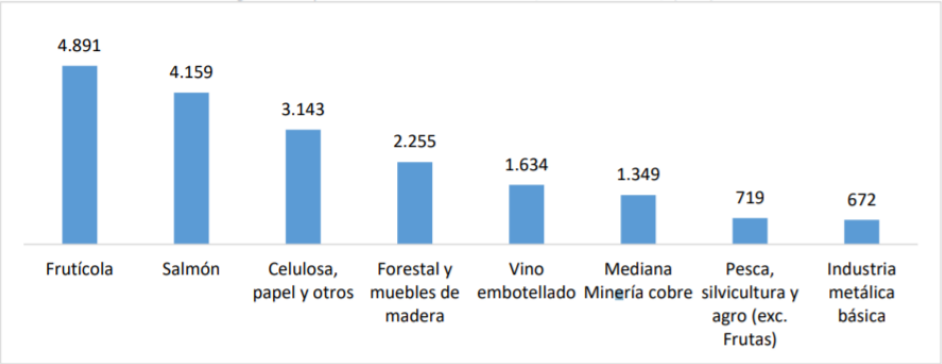
Existen dos definiciones que son las de mayor aceptación en la industria, una es del Instituto de Ingenieros de Minas de Chile que indica que son aquellas faenas que procesan entre 300 y 8.000 toneladas de mineral al día, pero con un máximo aproximado de 50.000 Toneladas de Cobre Fino (o su equivalente en otros metales).

La segunda definición aceptada por la industria es por parte del Sernageomin, el cual indica que una compañía minera mediana debe tener entre 200.000 y 1.000.000 de horas trabajadas.

Se tomarán ambas definiciones para considerar a una compañía minera en el segmento de la mediana minería, es decir, debe procesar entre 300 y 8.000 toneladas de mineral al día, pero con un máximo aproximado de 50.000 Toneladas de Cobre Fino (o su equivalente en otros metales), y/o, debe tener entre 200.000 y 1.000.000 de horas trabajadas.

Según Cochilco, el aporte promedio de las medianas empresas mineras es entorno al 6% en el periodo 2010 a 2018 en la minería de cobre. En cuanto a la extracción de otros minerales metálicos y no metálicos su aporte no es tan importante, debido a la naturaleza extractiva de Chile (principalmente cobre).

Este número puede verse marginal con respecto a la gran minería, pero su aporte va más allá de la cantidad de mineral extraído. Su real dimensión se manifiesta al compararla con otros sectores productivos del país. Cochilco (2018) señala que el nivel de exportaciones de las mineras medianas es similar a los envíos de vino embotellado y significativamente mayor al de otros rubros, como la pesca o la industria metálica básica (Ver Figura 3).



Fuente: Cochilco en base a datos de Direcon (2018).

Fig. 3 Comparativa Mediana Minería con otras industrias

Adicionalmente la mediana minería es un importante generador de empleo directo e indirecto, y tiene estrecha relación con las comunidades locales debido a que normalmente sus yacimientos están ubicados cerca de los pueblos o ciudades en

cuestión. Esto les permite disponer de infraestructura de apoyo como caminos y electricidad entre otros, y muchas veces les facilita su operación por el hecho que no deben mantener campamentos en las unidades mineras, y sus operadores pueden ir y volver día a día a sus hogares, sin importar el turno que cumplan.

Según las definiciones del Instituto de Ingenieros de Minas de Chile y de Sernageomin, se consideran 28 compañías mineras dentro del segmento de mediana minería. Poniendo foco en las de producción subterránea, que es donde se aplicara el estudio en curso, se identifican 17 compañías operativas[19], al momento del análisis de la encuesta (Marzo 2020).

Es muy importante a esta altura ya poder estar contextualizados en lo que es la mediana minería subterránea chilena y los impactos e importancia de este mercado para la economía de Chile. También muy relevante es entender a qué se refiere cuando se habla de tecnologías disruptivas, poder tener un acercamiento a las mismas y sus efectos, ver los distintos enfoques de las organizaciones y los potenciales efectos en ellas. Esto permitirá no confundir términos, y se podrá realizar un análisis más acabado de las barreras de ingreso y las resistencias culturales del mercado en estudio en relación a las tecnologías a analizar, y como se genera valor a través de su implementación.

En base a esta indagación previa, ya se puede comenzar a acuñar un término que de ahora en adelante será muy relevante para este estudio y su aplicación en el mercado propuesto. La gestión del cambio**,** el cual es un proceso complejo*,* que implica una serie de factores correlacionados, que dependen en gran parte del tipo de organización y del mercado en el cual se desenvuelven, de la orientación de sus objetivos particulares y del contexto actual en el cual está la compañía, tanto interno como externo. El rol clave que juegan los directivos, como promotores de cambio, donde su función es la de dirigir a otros en la consecución de los objetivos planteados como claves para la compañía.

[19] Detalladas en Anexos - Listado de Mineras Medianas Subterráneas en Chile

Según Kotter en un artículo para Forbes el año 2011, la gestión del cambio es un conjunto de herramientas y mecanismos que están diseñados para, primero, asegurarse de que cuando se intenten hacer algunos cambios en la organización estos no se salgan de control, y, segundo, para que el número de problemas asociados, no sucedan. Es una forma de apoyar a una transformación significativa, a un proceso de mejora dentro de la organización, es la manera de hacer más simple una transición a un cambio radical o disruptivo, de apoyar a la compañía y sus empleados para que el cambio sea entendido, contextualizado, llevadero, y que se pueda implementar exitosamente. Si los equipos y las personas no comprenden la necesidad de cambiar, de mejorar, corren el riesgo de ser eclipsados por el contexto, dejándolos sin medios para responder y adaptarse, lo que puede ser crítico para una organización.

El cambio a nivel organizacional que requiere la implementación de una tecnología que modifica la manera de hacer las cosas en el día a día debe ser abordado. De acuerdo con Chiavenato (2004), para el logro de un cambio al interior de la organización se debe primero modificar el set mental de los miembros de la misma, así, se hace indispensable preparar el ambiente psicológico para que sea adecuado y propicio a la trasformación esperada. Existen investigaciones en este sentido que han destacado algunas de las variables psicológicas que juegan un papel en la ocurrencia del cambio al interior de las organizaciones, por ejemplo, las personas que muestran una mayor tendencia a la aceptación del cambio, resuelven más fácilmente las demandas que los ambientes laborales les imponen (DiFabio & Gori, 2016); poseen mayores niveles de bienestar personal (DiFabio & Bucci, 2015); y/o demuestran habilidades blandas más adaptativas (DiFabio & Saklofske, 2014; DiFabio & Kenny, 2015). Con estas variables ya es posible identificar agentes de cambio al interior que serán evangelizadores de las nuevas tecnologías.

El cambio organizacional exige un esfuerzo intelectual o físico, provoca inquietud, incertidumbre, temores, desconfianza y sensación de riesgo (Porret, 2010, p. 32) y la evidencia empírica al respecto sugiere que cuando los miembros de una organización perciben que deben cambiar de una actividad a otra, la productividad

tiende a decrecer, percibiéndose como amenazante, y, por lo tanto, se manifiesta la tendencia a evaluar la contingencia de cambio en forma negativa (Tornay & Milán, 2001).

En resumen, se puede ver la aplicación de la gestión del cambio para este estudio de la siguiente forma:

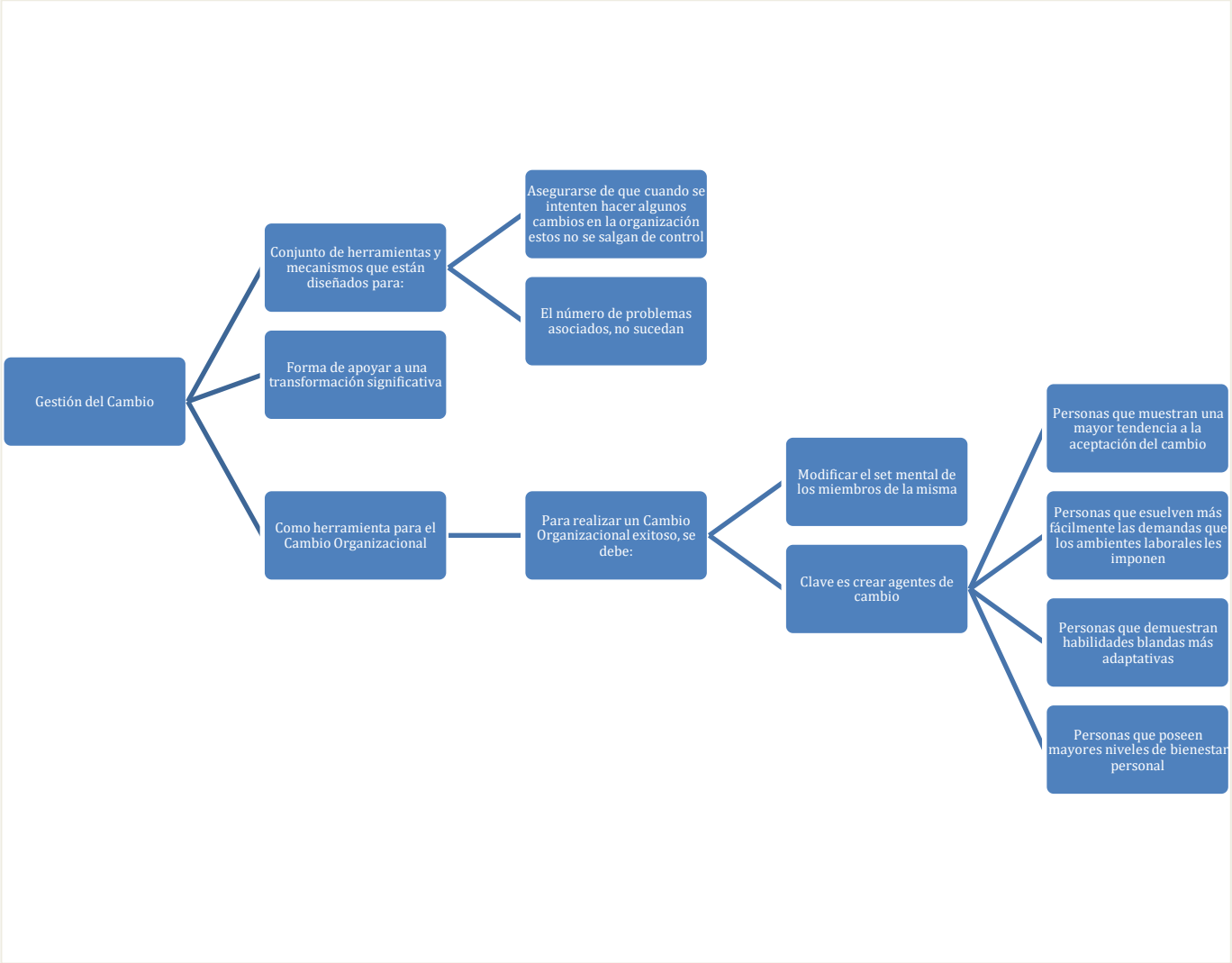


Fig. 4 Cuadro Resumen Gestión del Cambio, en base a Marco Teórico propuesto.

2.3 Tecnologías Disruptivas Analizadas y sus tendencias

El análisis de las tecnologías disruptivas antes mencionadas se realizará en niveles, primero se explicará su definición de manera breve y se analizarán algunos conceptos claves, seguido de esto, se observarán las tendencias de la tecnología misma, es decir hacia dónde va y cuáles son sus preferencias e inclinaciones tecnológicas, luego se analizarán las tendencias de cada tecnología en la industria minera en general, considerando minería superficie y subterránea, y el análisis de su utilización en mercados internacionales. Finalmente, se revisarán las tendencias de cada tecnología en el mercado en estudio.

Para simplificar y acotar el alcance de este estudio, se hará énfasis solamente en algunas de las tecnologías disruptivas para el mercado de la mediana minería subterránea chilena, se pondrá hincapié en aquellas que tienen el potencial de cambiar radicalmente la forma en cómo hoy se hacen las cosas, de agregar valor de manera significativa, y desplazar a la tecnología o metodología actual existente.

Se analizarán las tendencias de las siguientes tecnologías disruptivas:

2.3.1 Tele Operación u Operación Autónoma de Vehículos en interior mina

Es la principal tendencia hoy en día para minería subterránea, y está guiada en gran medida por la preocupación de la industria minera por la seguridad, pero también con la reducción de los costos laborales y la mejora de la precisión. Es una de las tecnologías que ya se utiliza con mucho éxito en minería de superficie[3], y que según estudios y casos en este sector ha demostrado aumentos de productividad entre un 19% y un 30%[4][5], al tener equipos operando 24x7, se esperan aumentos similares en la industria subterránea.

Fig. 5 LHD operado de manera remota - Fuente: https://www.immersivetechnologies.com/

También se está empezando a utilizar en grandes minas subterráneas chilenas y mundiales[6], luego de sortear el gran desafío que significa reemplazar a la señal GPS en el interior de la mina, la cual guía a los vehículos en las operaciones de superficie.

A nivel mundial, el mercado europeo es el más avanzado con respecto a la introducción y uso de esta tecnología, principalmente debido al alto costo de sus operaciones. Suecia es uno de los países pioneros en este ámbito, teniendo minas subterráneas con camiones autónomos en pruebas y operación [7], lo que implica muchos más desafíos que otro tipo de vehículos mineros debido a los traslados y velocidades alcanzadas por los mismos.

Fig. 6 Camión Autónomo en Minería Subterránea - Fuente: https://www.volvogroup.com/

Las restricciones con respecto a la adopción de esta tecnología para las medianas mineras subterráneas chilenas hasta hoy han sido:

- La fuerte inversión económica que significa una implementación de este tipo de tecnología. La cual puede ir desde los cientos de miles de dólares con un sistema Tele Remoto simple, hasta los millones de dólares con una flota de vehículos autónomos, más las implementaciones de los sistemas de habilitación e infraestructura.
- El cambio de paradigmas de operar un vehículo desde el exterior de la mina subterránea e incluso potencialmente que operen de manera autónoma.

Sin embargo, las mineras del mercado en estudio están explorando esta opción como viable hoy en día para sus operaciones en el corto plazo. Como es el caso de Cemin (holding minero), que adquirió el año pasado un paquete de equipos completamente automatizados para su operación subterránea Uva.

2.3.2 LTE / 5G

Vale la pena comenzar indicando las diferencias que existen hoy entre LTE y 5G. LTE es el estándar actual para 4G, una red de alta velocidad que permite gran capacidad de conectividad para las mineras que lo utilizan y donde poco a poco ha ido desplazando a las tecnologías que dominaban hasta el día de hoy, como Wifi.

5G es la siguiente generación de 4G, y la cual cambiará el panorama en cuanto a conectividad, no solo para las mineras, sino para el mundo entero. En teoría permitirá conectar 10 veces más dispositivos, aumentará en 100 veces la capacidad de tráfico que existe en la actualidad, optimizará el consumo energético de las redes que existen hoy en 100 veces, y lo que es más relevante para las mineras es que bajará la latencia de las redes actuales en 10 veces, esto es crítico para algunas operaciones y potenciales desarrollos en minería.

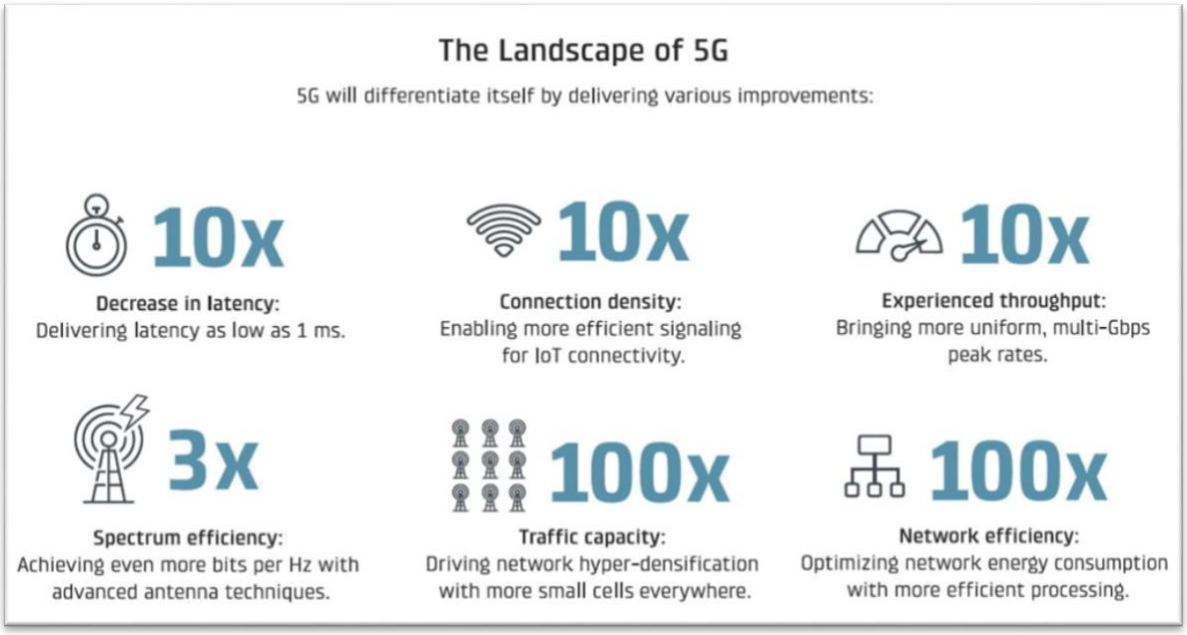


Fig. 7 Mejoras de 5G respecto a 4G – Fuente: World Economic Forum (https://es.weforum.org/)

LTE / 5G es una de las tecnologías que está muy en boga hoy en día, y se podría decir que es de las que más expectativas hay en su desarrollo. Su gran éxito es debido a que es una red muy flexible y dinámica, capaz de conectar cientos de dispositivos en una sola gran red, comunicando teléfonos, radios, signos vitales de maquinaria critica o guiando un camión minero, logrando considerables ahorros a

las compañías mineras, gracias a que se evita tener múltiples redes e ir sumando diferentes costos.

Se espera que la tecnología 5G ayude a resolver muchos desafíos existentes hoy en minería. Mediante técnicas de manejo de espectros, se asegurará a las minas el balance ideal entre amplia cobertura y alto rendimiento, lo que respaldará con una latencia muy baja que permitirá transmitir grandes cantidades de datos en milisegundos, para tomar decisiones de misión crítica en tiempo real.

Hoy existen mineras subterráneas extranjeras que están implementando o haciendo pruebas y pilotos con redes LTE, como la compañía minera Agnico Eagle en su operacion La Ronde, en Canadá[8], lo más importante y relevante en estos casos es que las actuales redes que se implementen y piloteen tengan la capacidad de ser actualizables a 5G cuando esta esté disponible, ya que si bien LTE tiene beneficios que las minas subterráneas pueden aprovechar, será la siguiente generación la que cambiará el juego por completo.

En el sector en estudio, LTE está aún en un horizonte de mediano plazo en cuanto a implementación, pero como es la principal tendencia de conectividad en la industria el día de hoy, llegará en algún momento a ser adoptada. Acá será interesante ver cómo se recibe por la mediana minería subterránea chilena, ya que la inversión será mayor que la de una red de cable radiante o de Wifi, y se evaluará su adopción en base a las necesidades de conectividad que tenga la minera subterránea en cuestión.

2.3.3 Big Data - IIOT (Industrial IoT)

Big Data y la recolección de inmensas cantidades de datos en tiempo real se alimenta en gran medida de cientos de dispositivos, sensores, máquinas y operadores, todos conectados (IIOT), que habilitan tareas como mantenimiento predictivo de máquinas, aumento de seguridad para los mineros, optimización de producción, y reducción de costos y desperdicios[11]. Todo esto apoyado por herramientas tipo BI (Business Intelligence), que permitan ayudar a la visualización de estas cantidades de información, que muchas veces pueden ser abrumadoras.

Se espera que esta tecnología permita a través de los datos recopilados de las personas que trabajan bajo tierra, identificar claramente las situaciones peligrosas basadas en comportamientos e incidentes pasados. Esto permitirá que las áreas de operación de la mina y los departamentos de Salud y Seguridad tomen medidas preventivas para reducir significativamente el riesgo de accidentes y muertes al interior de las minas.

Otra aplicación esperada, y que ya se está empezando a utilizar en el mercado minero, es que los datos recopilados de equipos móviles, como la presión de los neumáticos y el rendimiento del motor, permitirán predecir el mantenimiento de manera tan precisa que el tiempo y el costo asociados con el mantenimiento no planificado se reducirán significativamente, o incluso se eliminarán prácticamente. Cuanto mejor se pueda predecir lo que antes era impredecible, más productiva será la mina (Ver Figura 8).

Fig. 8 Ejemplo de Panel de Predicción de Ocupación de Cargadores en base a Big Data- Fuente: MST Global

En cuanto a un tema muy sensible a nivel de la minería, el medio ambiente, esta tecnología se espera que ayude a identificar cómo los niveles de agua, tierra y gas permitan a la mina reducir significativamente los desechos y extraer el mineral con más precisión. Al recopilar, analizar e interpretar datos históricos sobre el medio ambiente, las minas subterráneas pueden reducir significativamente los desechos para una operación minera más sostenible.

Las mineras del mercado en estudio ya comienzan a utilizar IIOT y Big Data en medidas menores, pero se verá en uno de los casos de estudio, que mediante la aplicación de estas tecnologías se ha aumentado la producción por sobre un 10%.

2.3.4 Realidad Virtual / Realidad Aumentada

La principal diferencia de estos dos términos es que con realidad virtual toda la experiencia del usuario es en base a objetos y una temporalidad espacio como lo indica su nombre, virtual, en una realidad no existente. La realidad aumentada por otro lado mezcla lo virtual con lo real, acá el usuario interactúa con objetos virtuales en su mundo real.

Fig. 9 Realidad Virtual / Realidad Aumentada - Fuente: https://www.secureweek.com/

Estas tecnologías se han utilizado en minería principalmente para aumentar la seguridad de los operadores. Se ha vuelto cada vez más común que compañías mineras capaciten a sus operadores con este tipo de herramientas, ya que permiten imitar cualquier situación del día a día de la operación sin los peligros, potenciales daños o consecuencias que se tendría en la cotidianidad.

Si bien el foco principal de su uso ha sido la seguridad, se ve una tendencia de utilizar cada vez más este tipo de tecnología para estudios geológicos y de examinación del cuerpo rocoso. Es muy interesante ver las iniciativas que está empujando el AMTC en este ámbito[12], donde permanéntemente realiza concursos

para capitales de inversión con el fin de desarrollar proyectos que utilicen estas herramientas de realidad virtual, aumentada o mixta.

Existe un componente clave en este tipo de tecnologías, y que ayuda a adoptarlas de manera más simple especialmente en las generaciones de mineros más recientes, y es que la realidad virtual y aumentada tienen muchos componentes asociados a los videojuegos, esto significa que si una compañía proveedora de este tipo de herramientas para el mercado minero encuentra una forma óptima de tomar elementos de los juegos electrónicos y adoptarlos en sus softwares, algo conocido como *gamification*[20], podrían lograr de manera más simple sortear la inherente resistencia al cambio y disminuir el impacto cultural en los mineros. Un buen ejemplo, es que en el año 2016 Codelco y Microsoft colaboraron para que a través de la plataforma de juego Minecraft[13], los usuarios diseñaran la mina subterránea ideal.

El mercado en estudio no ha identificado todavía importantes usos o avances de esta tecnología, sin embargo, en el corto plazo se deberían comenzar a ver los primeros procesos utilizando realidad virtual o aumentada, esto principalmente porque es una tendencia en minas subterráneas del extranjero[14][15], las cuales tienen resultados tangibles, que pueden ser imitadas por las medianas mineras subterráneas chilenas.

[20] El uso de elementos de juegos y técnicas de diseño de juegos en contextos no lúdicos. Usado en softwares para minería subterránea.

2.3.5 Robótica y Drones

La robótica ha estado en la minería desde hace un buen tiempo, por ejemplo, hace más de 5 años que se utilizan robots en minas subterráneas para analizar el estado de determinados sectores que se requieren explorar, pero que pueden ser poco seguros para un humano[18]. Sin embargo, los drones son algo más nuevo, se comenzaron utilizando para sondaje y exploración en minas de superficie, pero hoy ya se utilizan para minas subterráneas también, donde son capaces de navegar de manera autónoma a través de infraestructura subterránea lineal[19], tales como galerías estrechas y pozos verticales, así como tuberías de alcantarillado o túneles de pequeño diámetro en proyectos de ingeniería civil. Estos drones facilitan y hacen más rápida, segura y eficiente las tareas de exploración, a través de la recopilación de datos y, como resultado, proporciona modelos 3D de alta precisión de áreas subterráneas, incluidas capas texturizadas de alta resolución de las superficies de la mina, pudiendo integrarse sensores adicionales si fuese necesario, como el mapeo térmico 3D y detección de gas.

Fig. 10 Dron en Interior Mina realizando labores de mapeo geológico - Fuente: https://www.miningmagazine.com/

La información producida ayuda en la toma de decisiones y mejora la eficiencia de las actividades mineras comunes, como el control de producción, planificación, exploración, movimiento de tierras subterráneas o mantenimiento de infraestructura y maquinaria.

La tendencia de esta tecnología es que se utilizará más y más, tanto la robótica como drones, incluso logrando que se haga la pregunta de cuándo llegará el día en donde la mayor cantidad de operadores dentro de una mina sean equipos robotizados, y donde los humanos solo realizarán tareas de apoyo y supervisión.

Para el mercado en estudio es una tecnología muy interesante, que tiene la capacidad de hacer más seguro y eficiente el entorno en el cual se desarrollan sus operaciones.

2.3.6 Inteligencia Artificial - Machine Learning

La Inteligencia Artificial es la capacidad de un programa de computadora o máquina de pensar e identificar tendencias, y hacer recomendaciones para mejorar la toma de decisiones, imitando la capacidad cognitiva humana del aprendizaje y resolución de problemas, pero todo en cuestión de milisegundos.

Machine Learning por otra parte, es un sub concepto englobado dentro de IA, el cual apunta al aprendizaje de un computador observando grandes cantidades de datos y que tiene la capacidad de comenzar a predecir situaciones.

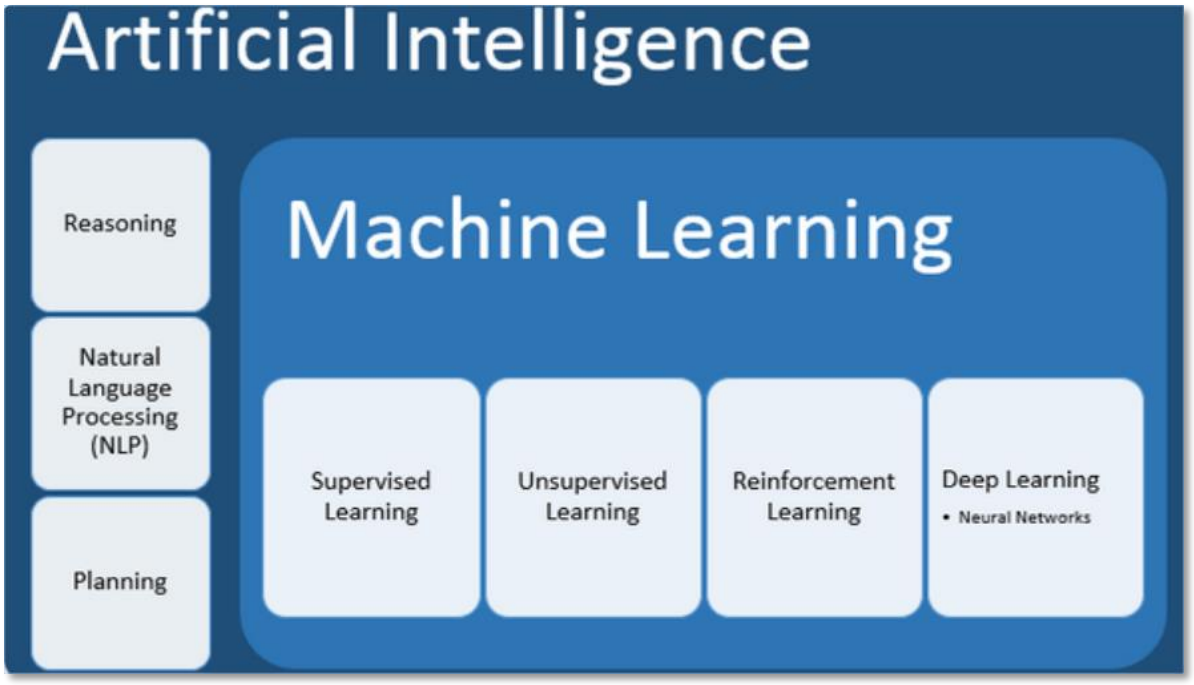


Fig. 11 Inteligencia Artificial y Machine Learning - Fuente: https://medium.com/topic/machine-learning

Uno de los principales casos de uso de IA hoy en día para la industria minera es el mantenimiento predictivo[20], ya que los sensores pueden detectar cuándo una pieza en una máquina o un vehículo se está desgastando y necesita ser reemplazada, entonces, se puede enviar una alerta a los responsables de esa área, lo que puede ayudar a evitar accidentes costosos que podrían derivar de la avería de alguna pieza.

Otros casos de uso utilizados hoy involucran la exploración minera, basada en cuando los datos recopilados sobre leyes minerales pueden analizarse, y luego tomar decisiones con respecto a si tiene sentido comercial continuar perforando o establecer una mina.

Existen desafíos con el potencial uso masivo de la IA en minería, por un lado, está el requisito urgente de encontrar talento digital y volver a capacitar a los trabajadores existentes. Esto requerirá la cooperación entre el mundo académico y los sectores público y privado.

Otro reto tiene que ver con la confianza. Hasta qué punto, y en qué circunstancias, se puede confiar en las máquinas para tomar decisiones. Hoy en día el mundo minero está de acuerdo en que, si bien es necesario tener equipos con capacidades de IA, es irremplazable el juicio de un experto que pueda unir distintas piezas del puzzle, mas su experiencia, para tomar una acción o decisión critica.

Si bien las compañías mineras mencionan la IA como una de las prioridades, y como parte de una serie de tecnologías que están en el radar para su implementación e inversiones futuras en la industria minera de Chile, esta no se encuentra entre las principales prioridades en las mineras del mercado en estudio, las cuales recién están explorando de manera muy inicial iniciativas de esta índole. según Ronald Monsalve, analista de mercado de Cochilco, en una entrevista entregada a BnAmericas (2019), sostiene que la automatización es la máxima prioridad y que antes de que la IA se generalice hay que ver más casos de uso probados.

Importante es empezar a adoptar tecnologías como estándares, esto debido a que muchas operaciones comenzarán a migrar desde el cielo abierto hacia minería subterránea, debido principalmente a la mayor profundidad del mineral. Esto plantea varios desafíos, siendo uno de los más importantes la reconversión o especialización del personal. Esto también puede traer grandes beneficios, gracias a que la industria de la minería de cielo abierto está más acostumbrada a las tecnologías y al trabajo diario con ellas por lo que el componente cultural de adopción de las mismas se verá beneficiado.

Si se compara Chile con otros polos de desarrollo minero como Australia, se ve que la brecha se abre de manera crítica. Australia comenzó con una fuerte inversión en I+D de clase mundial en la década de los 70 para minería subterránea. Muchas compañías proveedoras de tecnología se especializaron y encontraron un nicho en la minería subterránea. Estas empresas están en constante innovación y desarrollo de productos y tecnología que agrega valor para el cliente final. Según Raúl Castro, director del Laboratorio de Block Caving de la Universidad de Chile, en una entrevista entregada a la revista Minería Chilena el año 2014, los centros de investigación para minería tienen una relación 1:6 si se comparan ambos países, donde, además, en Australia, estos centros tienen el soporte de importantes institutos de investigación y de parte de las mismas compañías mineras.

Un ejemplo es la compañía australiana Mine Site Technologies[21], la cual fue fundada el año 1989 y que nació bajo el alero de la Queensland University of Technology. La compañía dio sus primeros pasos resolviendo un problema de seguridad de una minera subterránea, la cual no tenía como avisar a sus trabajadores en caso de peligros en el interior de la mina y poder realizar una evacuación en caso de que los sistemas de comunicación internos se vieran afectados. En base al estudio de esta problemática diseñaron una solución basada en tecnología disruptiva que se utiliza hasta el día de hoy llamada PED[22].

[21] www.mstglobal.com

Ejemplos como esta compañía son muy comunes de encontrar en Australia, quien se ha posicionado como uno de los principales exportadores de tecnología disruptiva para minería subterránea, y así también, las mineras australianas de este segmento como adoptadores tempranos de las mismas.

Las tendencias en cuanto a tecnología disruptiva se presentan y desarrollan bastante en Chile. Mucho se habla en seminarios orientados a la industria minera, tales como Expande [23], Automining [24] y GMG Capítulos LATAM [25]. Dentro del mundo académico los aportes son notables, como los que se presentan en seminarios de la Universidad del Desarrollo [26], las iniciativas del AMTC de Universidad de Chile [27], y el apoyo y organización conjunta entre la Universidad Federico Santa Maria y Gecamin [28][40] para la realización de distintos seminarios donde las tecnologías y su aporte a la industria minera son los tópicos centrales.

2.4 Propuesta Metodológica

La propuesta metodológica a utilizar luego de la presentación de antecedentes y estado del arte es la siguiente:

- Recabar información a través de entrevistas a 15 tomadores de decisión de medianas mineras subterráneas chilenas, a los cuales se les presentara un cuestionario con 10 preguntas, con el objetivo de entender de mejor manera cuáles son las motivaciones de implementar tecnologías disruptivas, conocer sus opiniones y sus principales desafíos y beneficios al embarcarse en proyectos de este tipo.
- Presentación de Casos de Estudio del mercado de mediana minería subterránea chilena, que están siendo adoptadores temprano de tecnologías disruptivas, se buscará analizar donde están poniendo foco y qué están haciendo diferente para llevar proyectos de esta índole a buen puerto. Además, ver de qué forma esta implementación se convirtió en valor para la compañía con los siguientes indicadores:
    - % aumento de productividad logrado o proyectado,
    - Horas efectivas de trabajo logradas o proyectadas,
    - % de ahorros en mantenimiento de vehículos o activos logrados o proyectados,
    - Beneficios logrados o esperados desde el punto de vista de seguridad.
- Aplicación de metodología Lean Management que permita encontrar valor, desde el punto de vista de los usuarios, en las aplicaciones de las tecnologías disruptivas
- Aplicación de metodología de Gestión del Cambio que permita gestionar las resistencias y paradigmas de la industria, y de esta forma acceder a mecanismos para la mejor implementación de proyectos con tecnologías disruptivas en el mercado en estudio.

3. DESARROLLO

3.1 Entrevistas

Se desarrolló un set de 10 preguntas, las cuales se presentaron en forma de entrevista[22] a 15 distintos usuarios involucrados en algún nivel con las tecnologías disruptivas, y su implementación y aplicación dentro de su organización, en el mercado de las medianas mineras subterráneas chilenas. Con esto se busca conocer las motivaciones del porque embarcarse en proyectos de este tipo, las problemáticas abordadas, los beneficios y las diferentes barreras existentes, los paradigmas y resistencias culturales actuales propias de nuestra idiosincrasia, y finalmente la importancia de abordar tecnologías disruptivas para su operación.

[22] Cuestionario puede ser encontrado en https://www.allcounted.com/s?did=s14mr6tr4muzp&lang=es_MX

3.1.1 Perfil de Entrevistados

El desarrollo de las entrevistas fue enfocado a un tamaño de muestra de 15 personas que se desempeñan en 11 diferentes faenas de la mediana minería subterránea, de un total de 17 faenas dentro del segmento en estudio.

De las 15 personas entrevistadas, se encontró un grupo muy variado desde el punto de vista de experiencia en el mercado, donde 5 entrevistados tiene menos de 5 años de experiencia en el mercado de la mediana minería subterránea, hay 4 entrevistados con experiencia entre 5 y 10 años, 3 entrevistados con experiencia entre 10 y 20 años, y 3 entrevistados con experiencia mayor a los 20 años. Ver figura 12 a continuación.

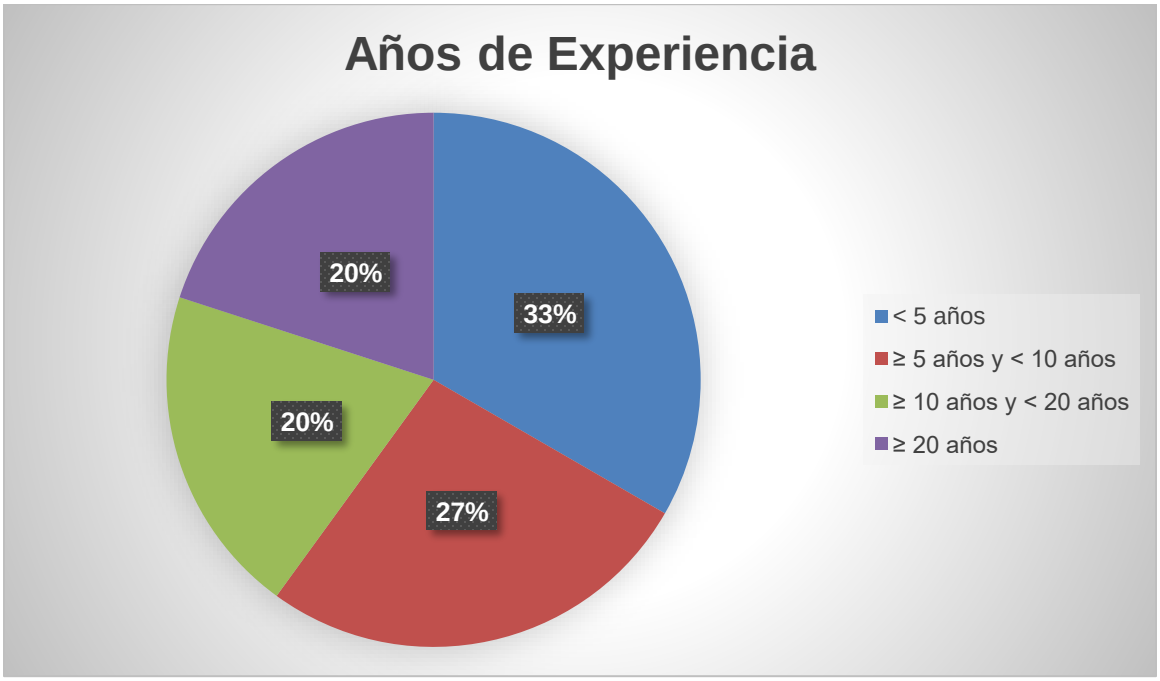


Fig. 12 Años de Experiencia de los entrevistados en minería subterránea. - Fuente: Elaboración propia en base a entrevistas realizadas (ver Anexo 5.1)

Con respecto a sus cargos, priman los roles de supervisión con 7 entrevistados. Acá se encuentran títulos de supervisor, jefes y encargados de áreas. 3 entrevistados tienen roles de gerencia, y otros 3 tienen roles de Ingeniería. Finalmente 2 de los entrevistados tienen cargos directivos. Es muy importante conocer los cargos de los entrevistados ya que les da una visión, y un poder de injerencia diferente a la hora de implementar tecnologías disruptivas. Ver figura 13 a continuación.

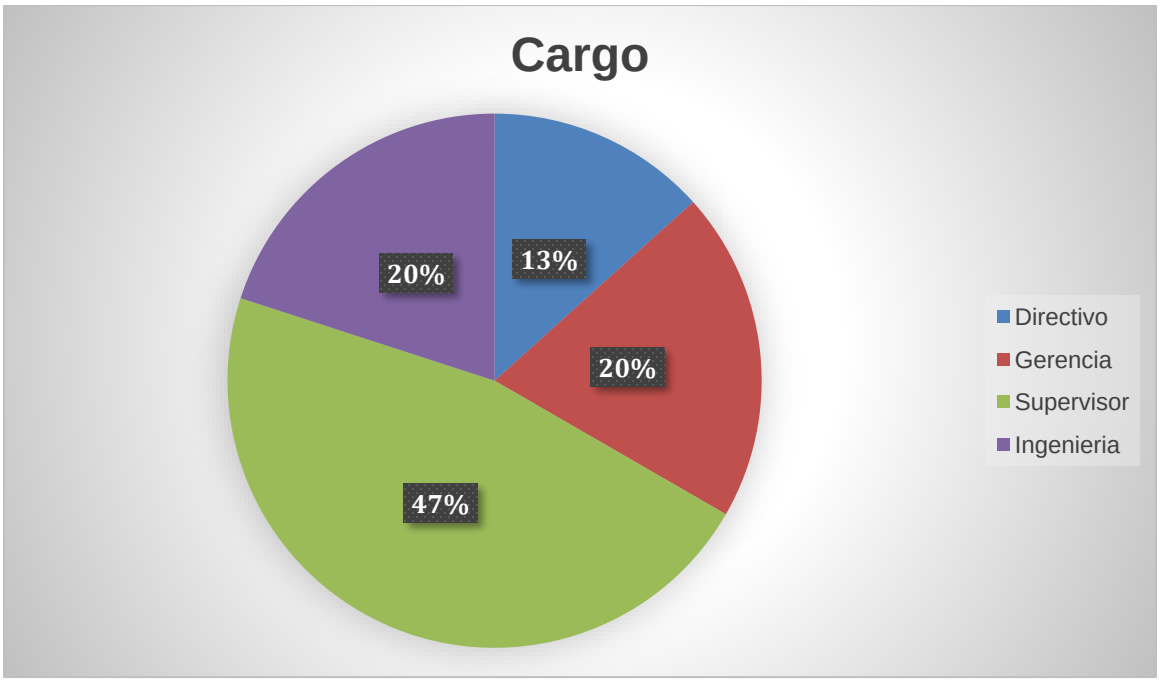


Fig. 13 Tipos de cargo de los entrevistados. - Fuente: Elaboración propia en base a entrevistas realizadas (ver Anexo 5.1)

Finalmente, en el perfilamiento de los entrevistados, es importante mencionar que un entrevistado podía tener más de un rol dentro de su empresa. Acá se pudo encontrar que la mayoría de los entrevistados tienen el rol de Evaluador y Tomador de Decisión, con 8 personas en cada grupo que indicaron tener esa función dentro de su organización con respecto a la implementación de tecnologías disruptivas. 6 entrevistados indicaron tener el rol de Influenciador, 4 de usuarios y 3 indicaron otros roles, dentro de los que se mencionan los de evangelizador e implementador. Ver figura 14 a continuación.

Fig. 14 Rol de los entrevistados dentro de la organización. - Fuente: Elaboración propia en base a entrevistas realizadas (ver Anexo 5.1)

Las entrevistas contaron con dos tipos de encuestas, una, con 10 preguntas, orientada a entrevistados que habían estado involucrados en proyectos con tecnologías disruptivas. La otra, con 7 preguntas, fue dirigida a entrevistados que no habían estado involucrados con proyectos de esta índole. En la Figura 15 se ve la distribución de los entrevistados desde el punto de vista de su involucramiento con tecnologías disruptivas.

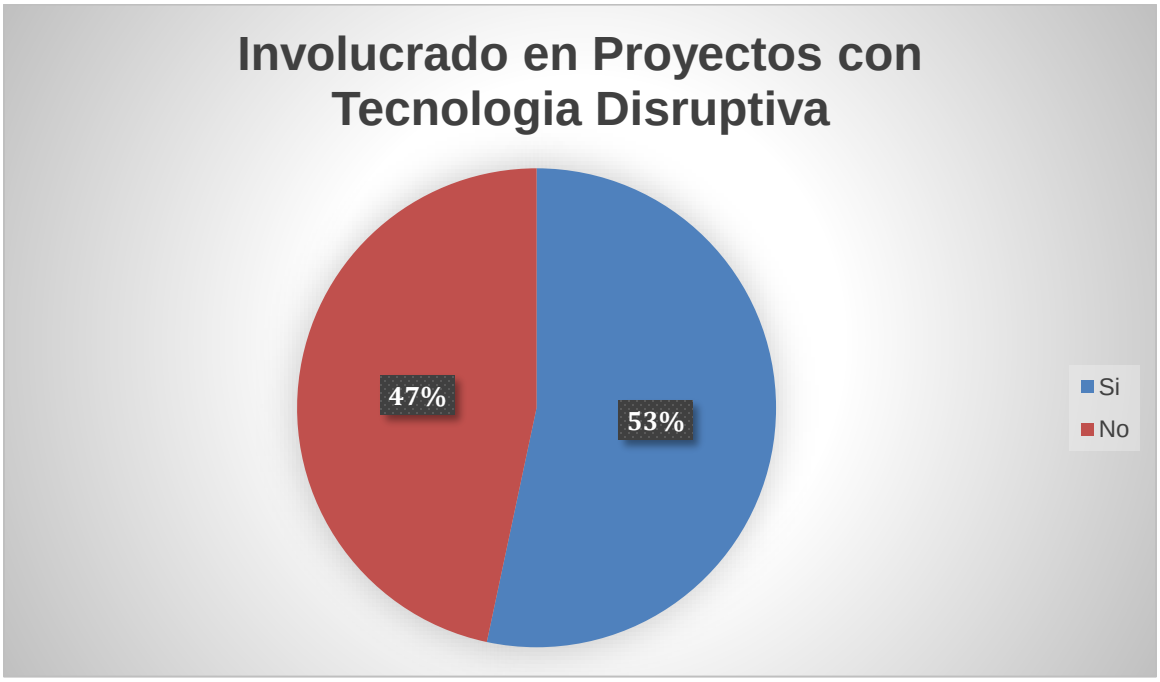


Fig. 15 Involucramiento de los entrevistados con tecnologías disruptivas en su organización. - Fuente: Elaboración propia en base a entrevistas realizadas (ver Anexo 5.1)

De los entrevistados que estuvieron involucrados en proyectos con las tecnologías disruptivas analizadas (53% de la muestra en la figura 14), se presenta la siguiente distribución, con respecto a cuál de las tecnologías analizadas fue implementada en su empresa:

- 4 entrevistados estuvieron involucrados en la implementación de proyectos de Inteligencia Artificial / Machine Learning.
- 3 Entrevistados estuvieron involucrados en la implementación de proyectos de Big Data.
- 1 entrevistado estuvo involucrados en la implementación de proyecto de Tele Operación / Operación Autónoma.
- Ninguno de los entrevistados estuvo involucrado en proyectos con LTE / 5G, pero uno de ellos indicó que está en carpeta.
- Ninguno de los entrevistados estuvo involucrado en proyectos con Realidad Virtual / Realidad Aumentada.

Ver figura 16 a continuación para un resumen estadístico.

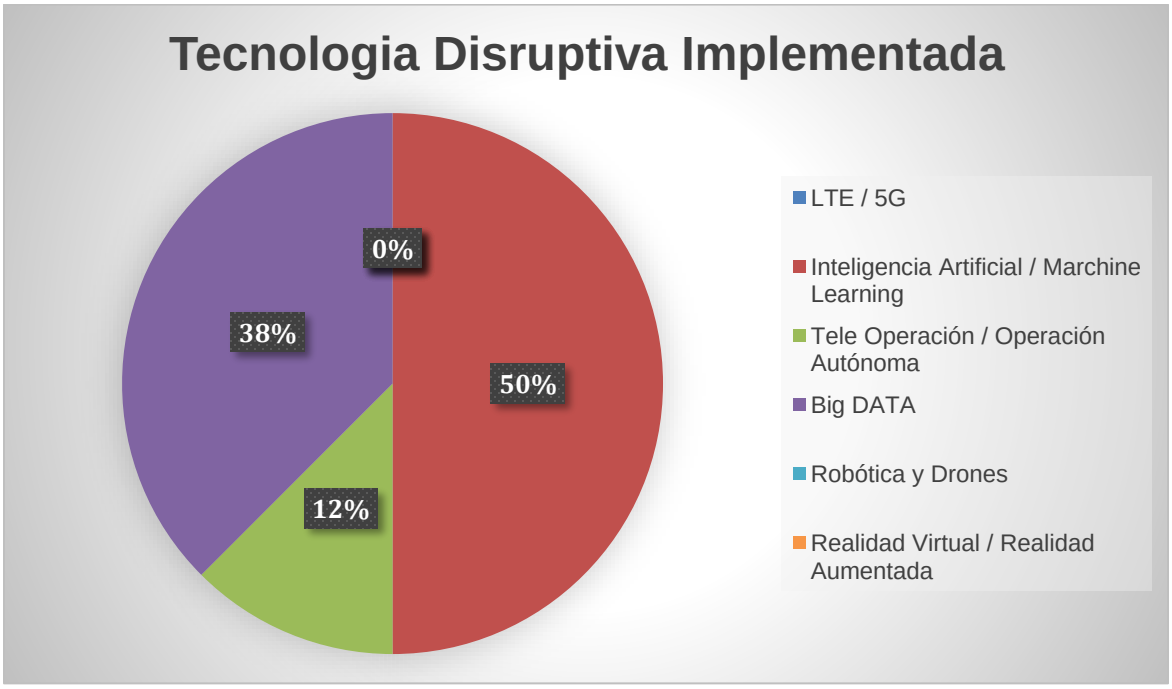


Fig. 16 Tecnologías Disruptivas implementadas por los entrevistados en sus organizaciones. - Fuente: Elaboración propia en base a entrevistas realizadas (ver Anexo 5.1)

3.1.2 Datos Analizados – Resultados Encontrados

Una vez perfilados los entrevistados, segmentados entre quienes estuvieron involucrados en tecnologías disruptivas y quienes no, y detallando en qué proyectos con tecnologías de esta índole estuvieron los involucrados, se pasará a la etapa de recoger los datos analizados y ver los resultados encontrados.

Uno de los objetivos principales de las entrevistas es conocer entre los encuestados de las organizaciones que No han implementado tecnologías disruptivas de ningún tipo en su día a día, los motivos y el porqué de esta no adopción. La figura 17 muestra que hay dos grandes razones del porqué no se han adoptado, estas son principalmente económicas y, Organizacionales. Económicas, porque algunas empresas de este mercado aún ven con resquemor las tecnologías disruptivas desde el punto de vista de costos prohibitivos. Organizacionales, debido a que algunas compañías de este segmento de mercado aún dicen no sentirse preparadas para enfrentar los cambios organizacionales que significa la implementación de una tecnología disruptiva como las analizadas en este estudio.

La figura a continuación recoge el resumen de las respuestas de los entrevistados.

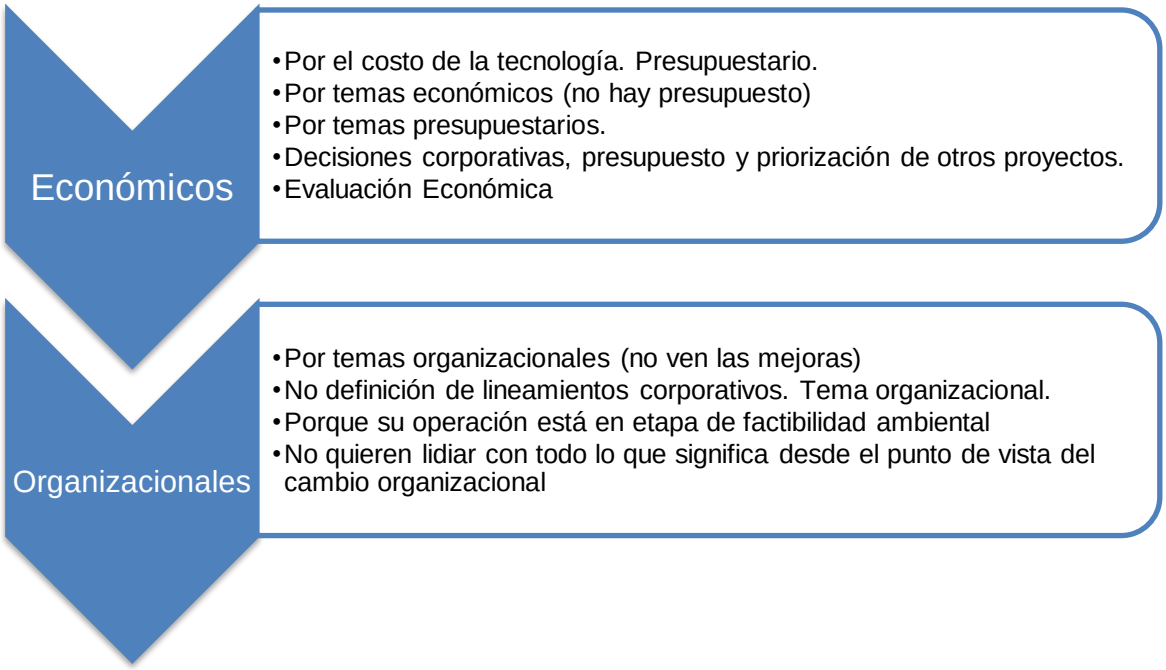


Fig. 17 Principales motivos de por qué No se han embarcado en proyectos con tecnologías disruptivas en sus operaciones. - Fuente: Elaboración propia en base a entrevistas realizadas (ver Anexo 5.1)

Otro objetivo importante de esta entrevista es conocer de parte de las organizaciones que, Sí han adoptado tecnologías disruptivas para algunos de sus procesos, cuáles son los objetivos principales de por qué implementaron tecnologías de este tipo. La figura 18 muestra que son tres los motivos principales que se destacan sobre el resto; Aumento de Seguridad, Mejora de eficiencia y efectividad de tareas, y Aumento de Productividad.

Aumento de Seguridad, Eficiencia y Productividad son pilares para incrementar la rentabilidad de una empresa minera, y la implementación de tecnologías disruptivas está alineada a este objetivo. El aumento de seguridad es el objetivo intangible más importante para cualquier minera. Mejorar la eficiencia y aumentar productividad producen beneficios económicos que aumentan el margen entre costo de la operación y las ganancias obtenidas al fin del periodo.

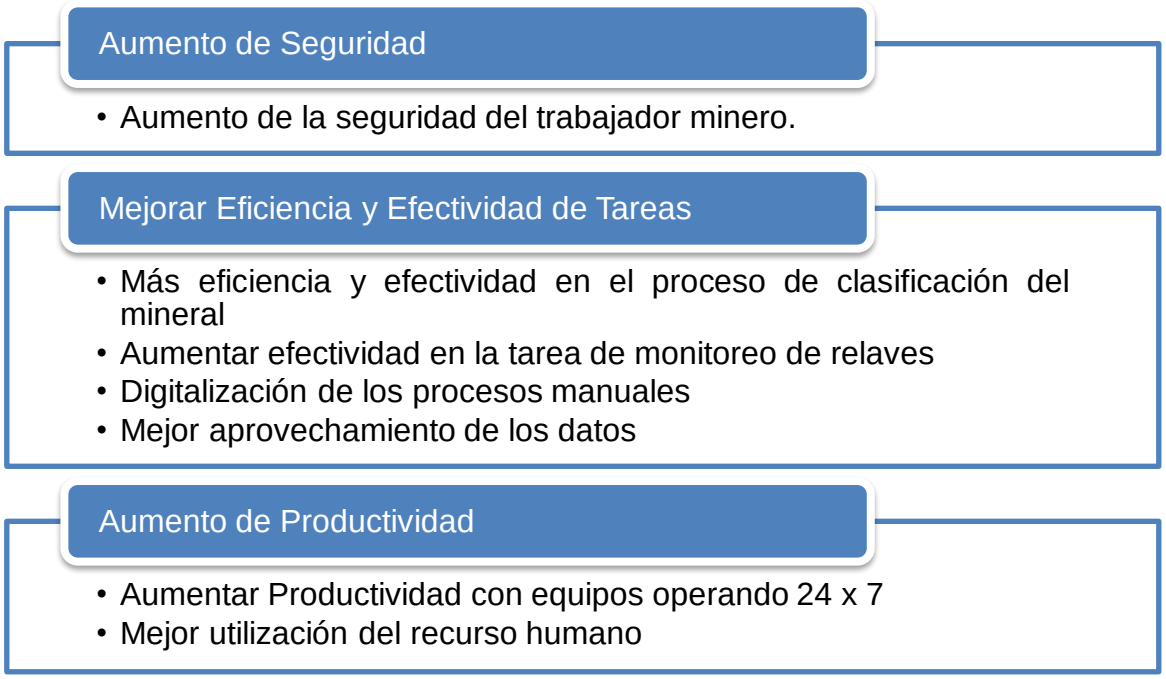


Fig. 18 Objetivos principales de las implementaciones realizadas por los entrevistados. - Fuente: Elaboración propia en base a entrevistas realizadas (ver Anexo 5.1)

El siguiente objetivo de esta entrevista es conocer las principales problemáticas abordadas por la tecnología disruptiva, o el por qué de su implementación, esto dentro del grupo de organizaciones que Sí han adoptado tecnologías disruptivas para algunos de sus procesos, La figura 19 muestra los problemas a solucionar con la implementación de las tecnologías. Estos son variados y dependen el objetivo particular de cada compañía.

Lo interesante es ver que la tecnología disruptiva se puede utilizar para resolver un sinfín de problemas dentro de la organización, y en este caso particular cada entrevistado abordo una o más problemáticas diferentes.

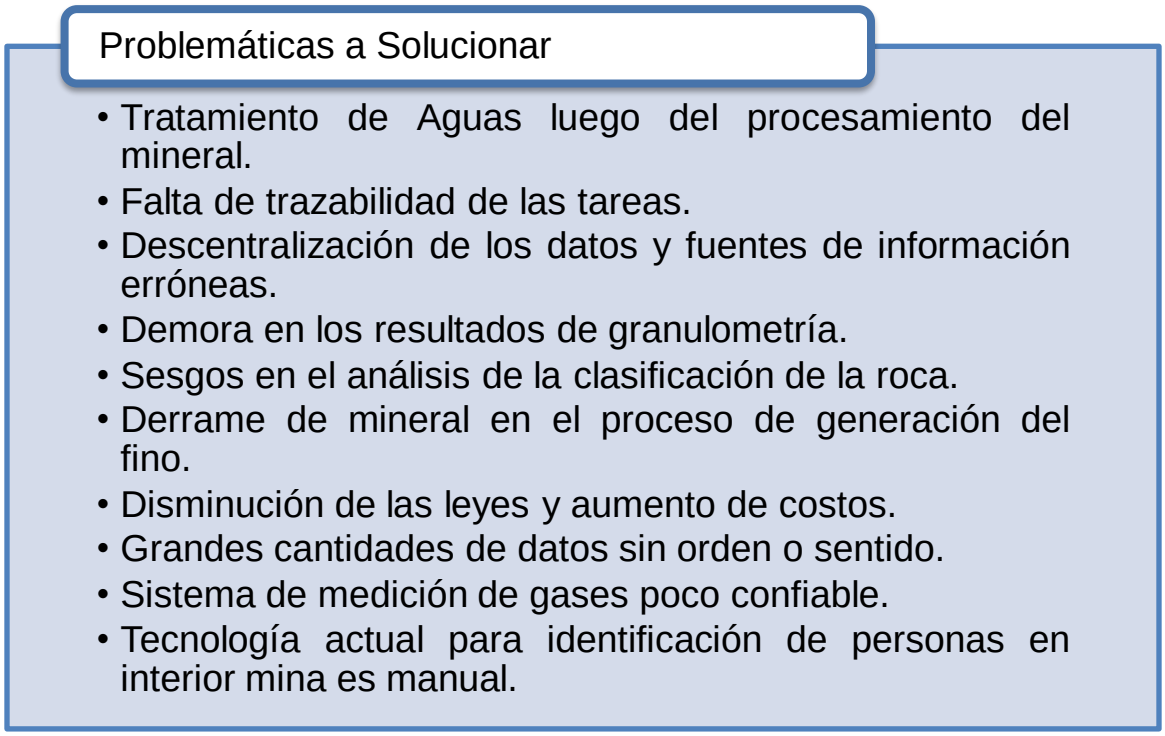


Fig. 19 Problemáticas abordadas con la implementación de tecnologías disruptivas. - Fuente: Elaboración propia en base a entrevistas realizadas (ver Anexo 5.1)

Otro objetivo muy relevante de esta entrevista es conocer los principales beneficios de la implementación, esto de parte de las organizaciones que Sí han adoptado tecnologías disruptivas para algunos de sus procesos. La Figura 20 muestra dos principales beneficios: Aumento de Seguridad y Beneficios Económicos.

Nuevamente se vuelve a los tres pilares mencionados en los objetivos principales; Aumento de Seguridad, Eficiencia y Productividad, estos dos últimos vistos desde el punto de vista que, al ser incrementados, aumenta el beneficio económico para la empresa.

Este descubrimiento es en extremo relevante, ya que, según los entrevistados, los principales objetivos de implementación de tecnologías disruptivas se cumplieron, al conseguir los principales beneficios esperados.

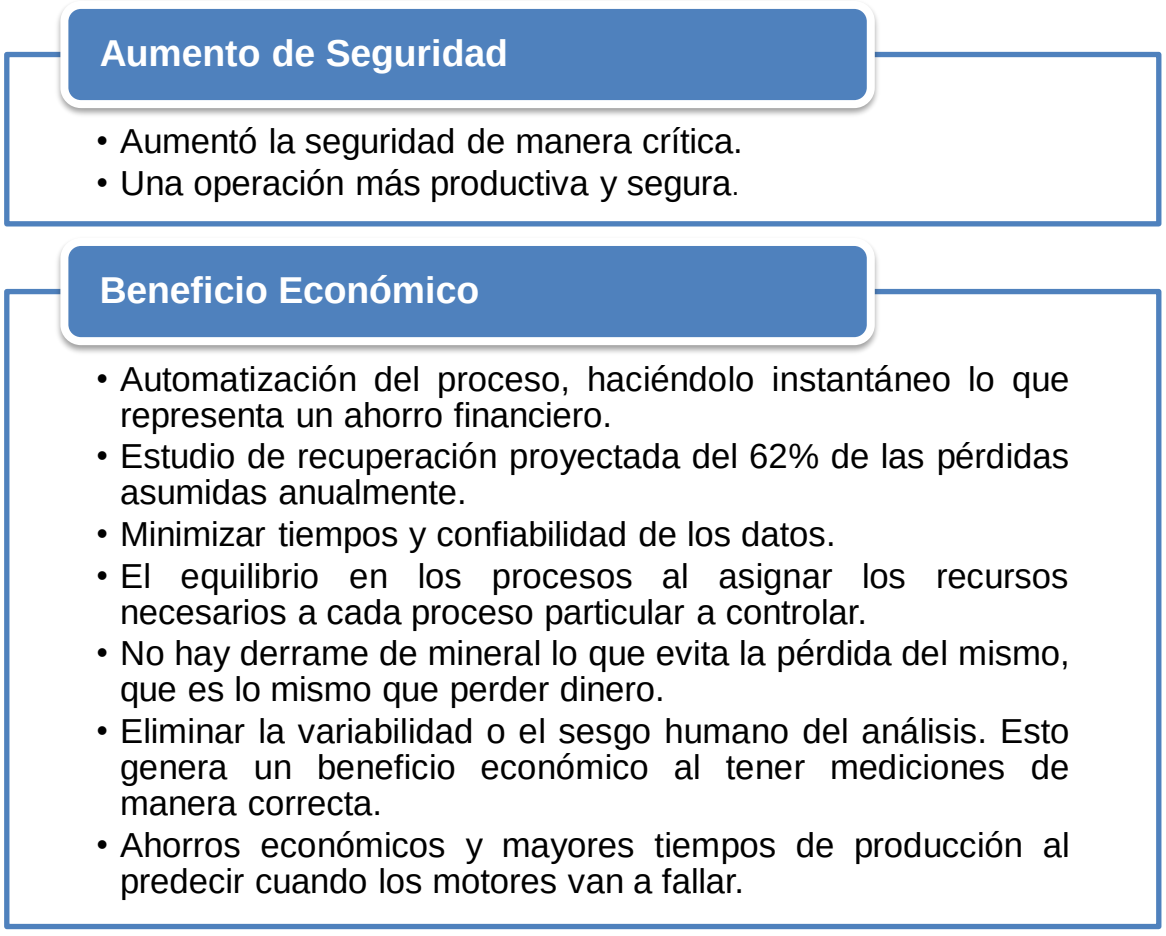


Fig. 20 Principales Beneficios encontrados con la implementación de tecnologías disruptivas. - Fuente: Elaboración propia en base a entrevistas realizadas (ver Anexo 5.1).

El siguiente objetivo a abordar fue conocer las mayores dificultades al momento de la implementación, esto de las organizaciones que Sí han adoptado tecnologías disruptivas para algunos de sus procesos.

La figura 21 muestra que se encontraron dos tendencias principales, una de ellas era más bien esperada, y tiene que ver con la poca o nula gestión del cambio organizacional, y de planes de parte de la empresa minera al implementar una tecnología de este tipo. La otra tendencia relacionada a las dificultades, fue por el lado de las empresas proveedoras de las tecnologías y su capacidad, ya sea de implementar y ejecutar, o en uno de los casos de resistirse a la implementación de una tecnología.

Un dato también interesante, es que ninguno de los entrevistados se refirió a la tecnología, ya sea por dificultad de uso o de aplicación, cómo dificultad al momento de implementar, lo que da luces de que las dificultades se deben atacar entre las compañías proveedora y mandante, independiente de la tecnología.

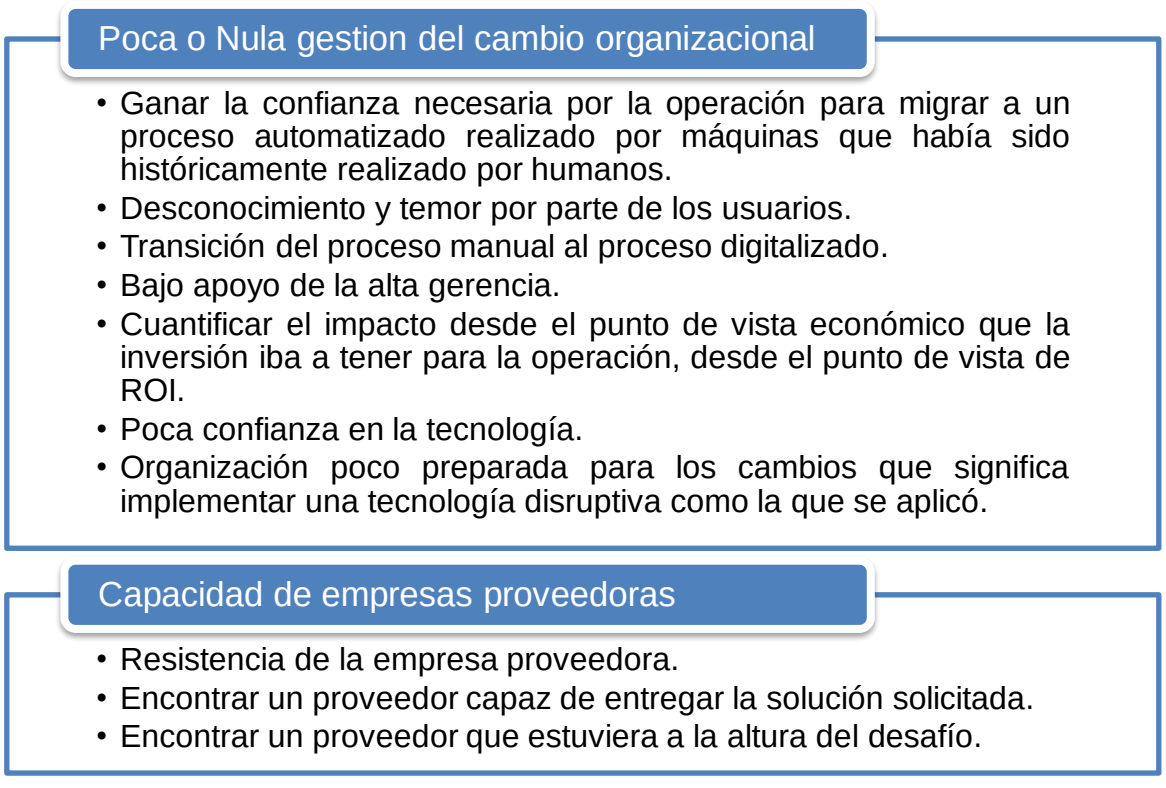


Fig. 21 Mayores dificultades al momento de la implementación de tecnología disruptiva. - Fuente: Elaboración propia en base a entrevistas realizadas (ver Anexo 5.1)

Otro de los objetivos más relevantes de esta entrevista era conocer la opinión experta de parte de todos los entrevistados, respecto a saber si existe resistencia de parte de los usuarios al momento de una implementación tecnológica. La figura 22 muestra que todos los entrevistados indicaron que Si existe resistencia de parte de los usuarios al momento de implementar una tecnología disruptiva.

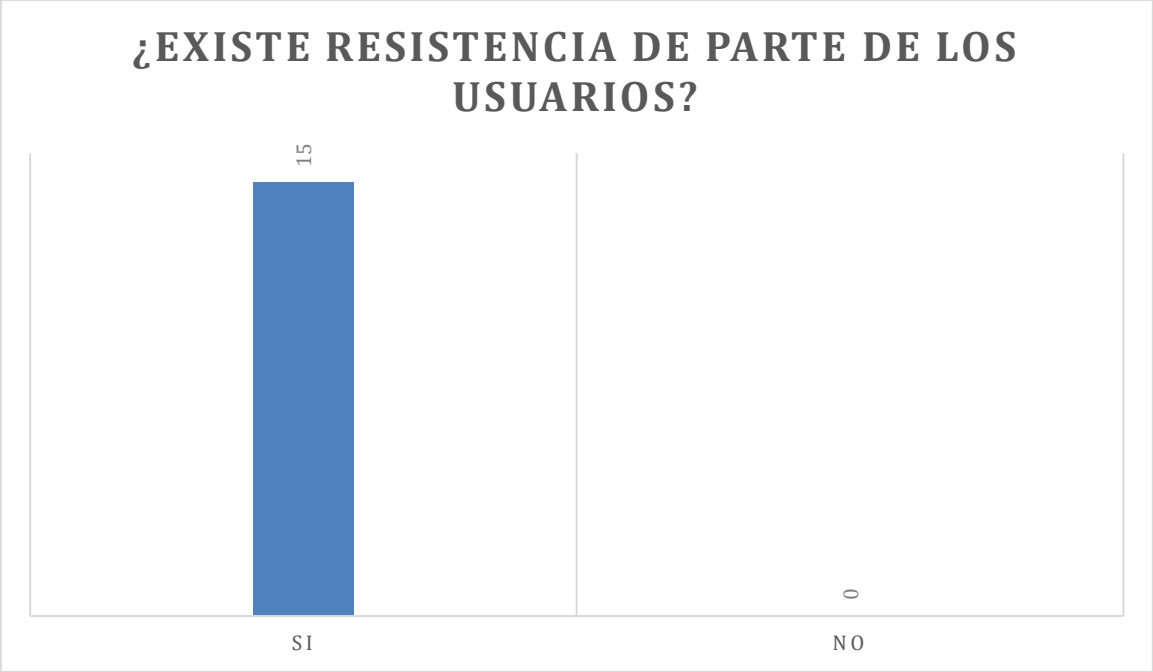


Fig. 22 Opinión de los entrevistados acerca de la existencia de resistencia a la tecnología de parte de los usuarios. - Fuente: Elaboración propia en base a entrevistas realizadas (ver Anexo 5.1)

En la figura 23 se lista un resumen de los motivos mencionados por los entrevistados, donde muchos apuntan a temas culturales o inherentes del ser humano, al temor de ser reemplazados por la tecnología, o desconfianza de que un software o una maquina pueda hacer una labor mejor que ellos que *"sienten y escuchan el cerro".* Un grupo de entrevistados también apunta a temas etarios, es decir, las personas mayores o no nativos digitales tenderían a mostrar una mayor resistencia al momento de la implementación de una tecnología disruptiva. Este último punto es interesante, porque si bien la percepción de los entrevistados indica que las personas mayores y no nativos digitales serían más resistentes a la implementación de una tecnología disruptiva, un artículo llamado Actitud y resistencia al cambio organizacional en trabajadores mineros (Salgado, Arias, Arcos

et al, 2018) presentado por la Universidad de Atacama[39], indica que los trabajadores mayores de 51 años presentan menor Actitud de Temor hacia el Cambio, que aquellos que se ubican en el rango entre 31 a 40 años, por lo que esto nos servirá para ver si es una simple percepción del grupo encuestado o una realidad que puede ser abordada con una buena gestión de cambio organizacional.

Motivos
Si, principalmente por la adopción de una tecnología que se desconoce. Resistencia de grupos etarios mayores (no nativos digitales)
Si, es cultural debido a que tenemos falta de confianza de que nunca lo han visto funcionando y de que nunca lo han tocado. Falta de experiencia y las gerencias que toman las decisiones son gerentes con 20 años trabajando de la misma forma.
Si, existe resistencia al cambio, se piensa que estas implementaciones van a quitar puestos de trabajo.
Si, por desconocimiento y desconfianza de la tecnología. Y por temor a ser reemplazado por la misma.
Si, hay resistencia, principalmente por costumbre de hacer las cosas como se venían haciendo. Las personas a mayor edad son más resistentes. Si el propósito de la tecnología no se comunica de manera clara desde la alta dirección simplemente no se usa.
Claramente si, naturalmente como humanos tenemos resistencia al cambio sobre todo cuando estamos cómodos en la manera de hacer las cosas. La minería es mucho más resistente que otros mercados ya que cuesta que crean que la tecnología no asociada a un equipo extractivo vaya a generar algún beneficio.
Si, desde el punto de vista del profesional operativo, es decir, el que opera los vehículos, tienen una práctica adoptada que le cuesta cambiarla.
Si, específicamente en las personas mayores con perfil de operador que nació y creció en la mina sin tecnología hasta que de pronto se vio enfrentada a ella por definiciones de la empresa. este tipo de usuario es más difícil que modifique su estructura mental y se adapte a la nueva tecnología.
Si, se da en generaciones más antiguas por una costumbre de hacer las cosas de una forma tradicional.
Si, siempre hay resistencia por naturaleza humana, siempre presentamos miedo a lo desconocido. Es por los miedos a los cambios y a los paradigmas no controlados.
Si, en algunos casos hay resistencia por miedo a perder el puesto de trabajo.
Si, la resistencia depende de algunos factores, algunos propios de la persona y otros de la compañía, como por ejemplo que se acompañe al trabajador en la implementación de la tecnología. Hay temas etarios y de qué tan amigable sea la tecnología a implementar.
Si, absolutamente no sólo por el temor a ser reemplazados, sino también por salir de su zona de confort, esto les genera mucha incertidumbre y puede generar rechazo colectivo
Si, principalmente si no hay una buena gestión del cambio.
Si, hay resistencia principalmente porque los usuarios no creían que un software pudiese hacer las cosas mejor que ellos.

Fig. 23 Motivos entregados por los entrevistados acerca del porque existe Resistencia a la tecnología. - Fuente: Elaboración propia en base a entrevistas realizadas (ver Anexo 5.1)

Otro objetivo relevante de la encuesta fue conocer la opinión experta de todos los entrevistados, respecto a saber cuál es la principal barrera que encuentra cuando se propone un proyecto con tecnología disruptiva. La figura 24 muestra que a diferencia de cuando se implementa, donde ya pasa la etapa de evaluación, y donde las barreras o dificultades van por el lado de la gestión del cambio organizacional, y de la capacidad de las empresas proveedoras, en el paso anterior a la implementación, cuando se propone una tecnología disruptiva para abordar una problemática se ve que las resistencias vuelven al tema económico y cultural/organizacional, que fueron las mismas tendencias indicadas por los entrevistados que se desempeñan en compañías que No han implementado tecnologías disruptivas.

Económica	Cultural
• Principalmente económica, una vez aprobados y conseguidos los fondos, la barrera viene de parte de los usuarios. • En nuestro caso principalmente económico, una vez conseguido los fondos, se debe luchar con la resistencia de los usuarios. • La principal barrera es económica, y el desafío de cómo aterrizo y le saco valor a esta tecnología. • Cuando se propone la tecnologìa la barrera es económica, cuando se implementa es cultural. • Generalmente económicas. • Principalmente económica y cultural. • Para nuestra operaciòn fue económica. • En nuestro caso fue principalmente económica.	• En nuestro caso particular fue cultural y organizacional, ya que los operadores de la empresa no estaban preparados para este cambio. • Cultural en nuestro caso, por robos de los tablets. • Cultural principalmente, encontrar un proveedor potente también es una barrera, y en tercer lugar lo económico, ya que en nuestras operaciones siempre existe un presupuesto acotado. • La principal barrera es organizacional y cultural. • Falta de información y capacitación. • La principal barrera es dejar de hacer las cosas como uno está acostumbrado. • En nuestro caso la barrera es cultural.

Fig. 24 Principal barrera que encuentra cuando se propone un proyecto con tecnología disruptiva. - Fuente: Elaboración propia en base a entrevistas realizadas (ver Anexo 5.1)

El siguiente objetivo de las entrevistas fue conocer la opinión experta de todos los entrevistados, respecto a saber si es importante la implementación de tecnologías disruptivas en su operación. La figura 25 muestra que 14 entrevistados indicaron que si es importante, y 1 indico que depende debido a que debido a que existen muchos paradigmas de costos de inversión y resultados potenciales.

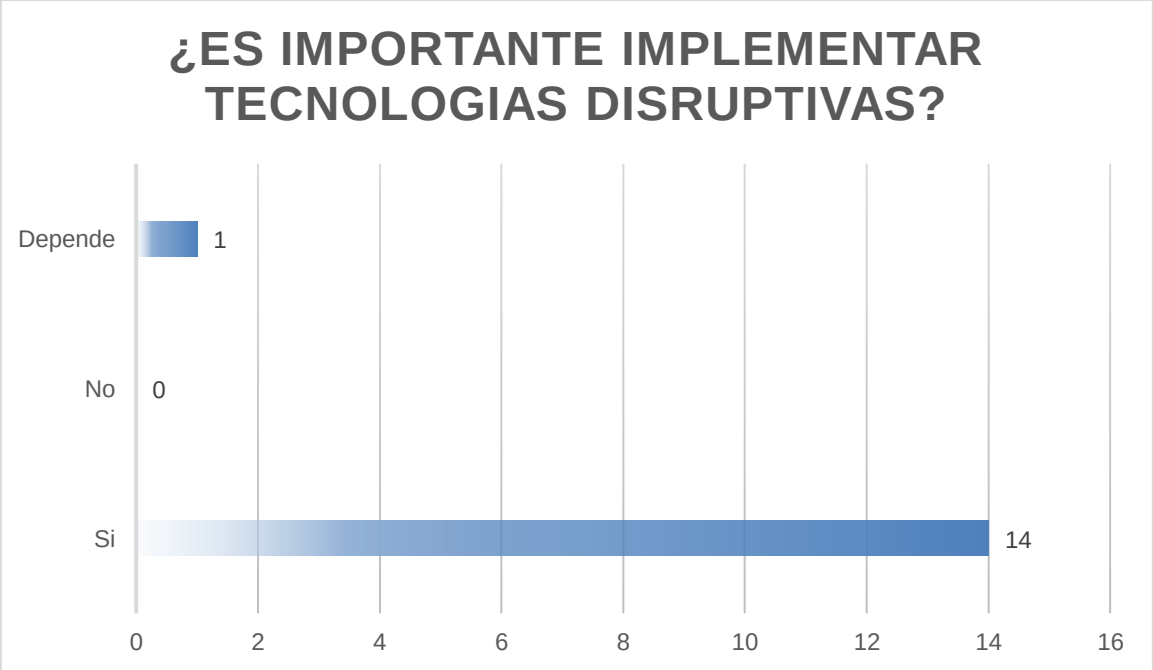


Fig. 25 Importancia según los entrevistados de implementar tecnologías disruptivas. - Fuente: Elaboración propia en base a entrevistas realizadas (ver Anexo 5.1).

En la figura 26 se encontrará un resumen de las respuestas de los entrevistados con respecto a la importancia de implementar tecnologías disruptivas en su operación. Muchos de ellos fueron enfáticos al mencionar que la implementación de tecnologías disruptivas es “vital”, “clave” o “muy importante” debido a los beneficios económicos que puede entregar al ser bien implementada y las mejoras en eficiencia que pueden conllevar para bajar los costos operativos.

¿Por qué?

- Claro, es vital. Los ahorros económicos son muy importantes y, además, entregarle nuevas capacidades a los empleados.
- Por supuesto, es muy importante para la organización, y es clave que el CEO tenga una visión de agregar valor a través de la tecnología.
- Si, es muy importante, los beneficios económicos y el avance de la operación en todo ámbito.
- Si, es importante, creemos que la tecnología nos puede ayudar a hacer el trabajo más rápido e incluso hacer más con menos.
- Sí, siempre y cuando ataque una necesidad y apunte a mejorar un proceso. Sin aplicación concreta, mejor no meternos en tecnologías disruptivas.
- Si, es clave y para cualquier línea de negocio de la empresa, nosotros creemos en la premisa de que siempre se puede mejorar.
- Por supuesto, absolutamente, te permite ser eficiente y eficaz y una tecnología bien implementada debería generar ahorros, mayor producción y liberar HH de operadores para labores de mayor labor.
- Claro, son necesarias e importantes, estamos en la era de la digitalización de la minería subterránea y sólo nos queda subirnos al barco.
- Siempre es importante implementar nuevas tecnologías que mejoren los procesos y la calidad laboral.
- Es una pregunta difícil de responder debido a que hay muchos paradigmas de costos de inversión y resultados potenciales.
- Yo creo que si, las nuevas tecnologías pueden maximizar algunos procesos y dar mejores resultados.
- Por supuesto, todos los procesos se están haciendo más ineficientes y costosos y es, a través de soluciones digitales y tecnológicas donde se pueden encontrar alternativas para mejorar productividad y seguridad.
- Por supuesto, con la implementación de tecnloǵias de este tipo se puede hacer mejor trazabilidad de lo datos de manera transversal en la operación.
- Claro, siempre y cuando estas sean para beneficio económico y generen retorno, donde la tecnología se pague sola.
- De todas maneras, con las metodologías adecuadas y una tecnología bien implementada, se pueden ahorrar costos y aumentar productividad en corto tiempo.

Fig. 26 Motivos de por qué es importante implementar tecnologías disruptivas. - Fuente: Elaboración propia en base a entrevistas realizadas (ver Anexo 5.1)

El último objetivo a abordar en esta entrevista está relacionado a conocer la opinión experta de todos los entrevistados, respecto a saber qué hace falta de parte de los proveedores de tecnología que han implementado exitosamente en otros polos mineros para repetir la fórmula en su mercado.

Esta pregunta derivó de la respuesta de los entrevistados donde algunos de ellos se refieren a las empresas proveedoras como parte de las mayores dificultades al momento de la implementación de una tecnología disruptiva.

La figura 27 muestra que se es muy relevante para los entrevistados que los proveedores sean verdaderos partners, que entiendan al cliente en su contexto total y que sean flexibles a la hora de embarcarse en un proyecto de este tipo en conjunto.

Crear Partnership - Alianzas

- Es importante que apoyen a las mineras en todas las fases de la implementación. Si tiene un plan de adopción de tecnologías aún mejor.
- Es necesario el concepto de partnership entre las empresas proveedoras y las mineras más pequeñas.
- Lo que hace falta es que los proveedores se comprometan en un partnership real.
- Apoyo y partnership tanto en la educaciòn de los beneficios hasta el financiamiento.
- Acompañamiento a la hora de implementar una tecnología de este tipo.
- Educar al proveedor tanto en la óptima utilización de la tecnología como en proponer la recapacitación de los operarios actuales.
- Ser un verdadero partner de largo aliento para la implementación de tecnología.
- Proponer pilotos o demos para ir introduciendo la tecnología disruptiva en fases o paso a paso.

Entender al Cliente

- Hace falta que el proveedor entienda al cliente y que demuestren el valor de la tecnología. Debe haber un esfuerzo adicional del proveedor de educar y acompañar al cliente.
- El proveedor debe entender al cliente en su todo. En su cultura en el requerimiento y en el contexto total.

Ser Flexibles

- Sería muy bueno que los proveedores vinieran con planes de financiamiento tecnológico para apoyar,
- Proponer pilotos para que los usuarios puedan probar los equipos antes de embarcarse en una apuesta económica.
- Un buen soporte post venta y que los software y hardware que proveen se acomoden a los requerimientos de la mina.

Fig. 27 ¿Que hace falta de los proveedores de tecnología para implementar proyectos exitosos en el mercado en estudio?. - Fuente: Elaboración propia en base a entrevistas realizadas (ver Anexo 5.1)

3.2 Casos de Estudio: Medianas Mineras Subterráneas Chilenas adoptando Tecnologías Disruptivas.

Se analizarán dos casos de estudio de medianas mineras subterráneas chilenas, en donde se buscará identificar el proceso de adopción de distintas tecnologías disruptivas que fueron aplicadas en sus operaciones.

Primero se realizará una introducción a ambas compañías, para luego revisar un resumen de la implementación realizada y el proceso recorrido mediante algunos antecedentes. Luego se verán las problemáticas identificadas, la solución provista y los beneficios obtenidos. Finalmente se revisarán algunas resistencias identificadas.

3.2.1 Caso de Estudio: Minera Uva – Holding Cemin

Creada en 1982, Cemin es una compañía de la mediana minería dedicada a la extracción y procesamiento de cobre y oro. Cuenta con operaciones en Catemu y Pullalli, en la Región de Valparaíso, y Domeyko, en la Región de Atacama.

El grupo de directores de CEMIN identificó que las tecnologías disruptivas podían llevar a su operación a ser más eficiente y productiva. Según Horacio Bruna, Vicepresidente Ejecutivo del grupo, en una entrevista a Minería Chilena [23] el año 2019, comentó que Cemin tiene una faena subterránea modelo, que es fruto de los últimos dos años (2018 – 2019), y en gran medida de un empuje por promover la innovación. Va a operar en forma autónoma, con camiones sin choferes, scoop telecomandados, con un mínimo de gente arriesgándose dentro de la mina; está permitiendo situarnos en estos nuevos tiempos.

El año 2015 cuando la nueva dirección tomo el control de Cemin, tenían un Ebitda cero, operaciones deficitarias, no contaban con reservas y tampoco se había hecho exploración durante mucho tiempo, a todo ello se añadía una deuda muy importante que según palabras de Juan Enrique Rassmuss en una entrevista a Minería Chilena el año 2019 “no teníamos cómo cubrir”[34] .

Dentro de las problemáticas a resolver estaban:

- Bajos precios de los minerales que extraen (Oro y Cobre).
- Organización carecía de las competencias para enfrentarse al siglo XXI.
- Bajo nivel de producción de la mina.

Una de las soluciones identificada por el grupo directorio de Cemin fue a través de comenzar a operar de forma autónoma sus camiones, y contar con scoop telecomandados, una de las tecnologías disruptivas analizadas en este estudio. El año 2018 se tomó la decisión de implementar esta mejora a la operación.

[23] https://www.mch.cl/

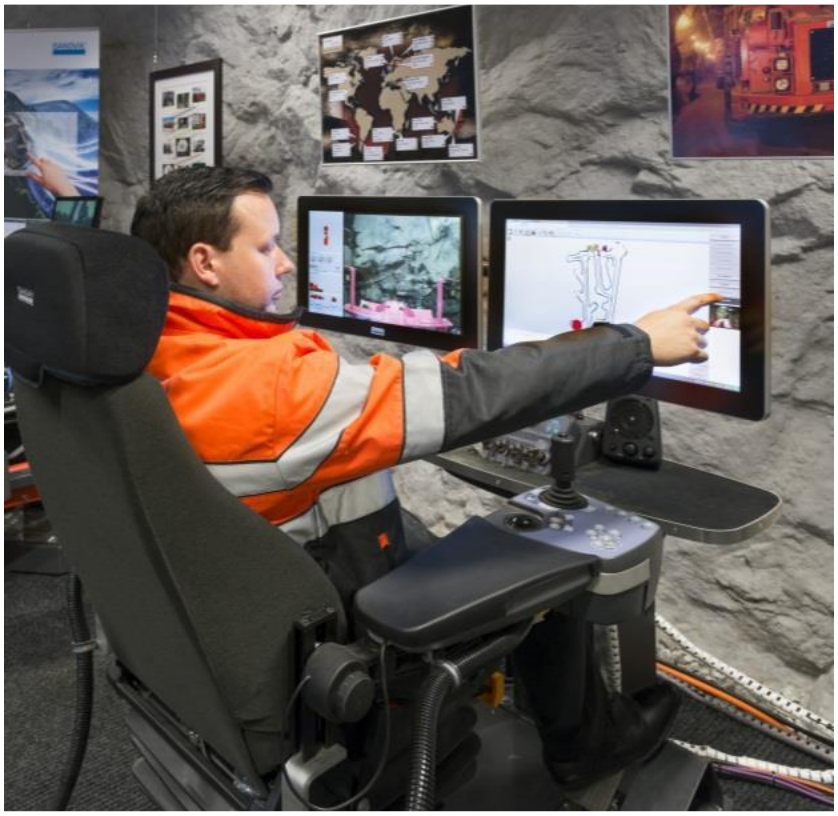


Fig. 28 Operador en sala de control. Fuente: Caso de estudio Digitalización en minería Subterránea – Sandvik – Perumin 2019

Los beneficios proyectados desde el punto de vista de productividad son los siguientes[24]:

- Aumento de hasta un 30% en horas de producción efectivas debido a menos tiempo de inactividad.
- Hasta un 10% de mejor utilización debido a mayores horas de producción efectiva y hasta un 5% de aumento en disponibilidad mecánica.
- Hasta un 15% de menores costos de mantenimiento debido a la optimización en la operación y el aumento de la confiabilidad.
- Hasta un 30% de aumento en la producción debido a mejor performance y mayores horas de operación.

[24] Fuente: Caso de estudio Digitalización en minería Subterránea – Sandvik – Perumin 2019

Los beneficios desde el punto de vista de seguridad son los siguientes:

- Menor exposición a peligros debido a que los operadores están en la sala de control; ya sea en superficie, o en una zona segura en interior mina, y no físicamente en el frente de trabajo.
- Menor exposición a condiciones que pueden provocar enfermedades profesionales debido al polvo en suspensión, ruido y agentes contaminantes.

Si bien hubo una resistencia inherente a la adopción de esta nueva forma de hacer minería, debido a que el recurso humano no estaba preparado para adoptar tecnologías tan disruptivas para la mediana minería subterránea chilena, fue con un fuerte liderazgo de su plana ejecutiva, en donde lograron transmitir a todos los trabajadores la idea de que operar con tecnologías de este tipo es una de las formas de mantener el negocio a flote.

Otra medida tomada por el grupo ejecutivo fue de implementar una planta piloto, que según Horacio Bruna en entrevista a Minería Chilena el año 2019, esto les permite probar nuevas tecnologías. Realmente hay un equipo entusiasmado, con ganas de innovar y con la dirección, que los está apoyando. Cemin está en otro pie, en otra actitud definitivamente.

La aplicación de este tipo de tecnologías disruptivas tiene a Cemin como un modelo a seguir para la mediana minería chilena, y también apunta a mejorar la relación con el medio ambiente, ser una operación más sustentable, mejorar la calidad de vida para los trabajadores, y finalmente, obtener mayor rentabilidad para el negocio.

3.2.2 Caso de Estudio: Compañía Minera Pucobre

Empresa minera de capitales chilenos especializada en la explotación de yacimientos de cobre de mediana minería. Sus operaciones se ubican principalmente en la Región de Atacama contando con diversos puntos de extracción y procesamiento de este mineral. Comenzó su primera operación en la faena subterránea Punta de Cobre, ubicada al sur de Copiapó, en el año 1989.

Pucobre es una mina que se puede definir como adoptadores de tecnología. Desde el año 2015 comenzaron con una visión de implementar distintos tipos de tecnologías para aumentar principalmente la seguridad de sus trabajadores dentro de sus tres minas. Durante los años posteriores vino la baja del cobre, entonces las mismas iniciativas que en un principio fueron netamente para seguridad, también comenzaron a ser utilizadas para productividad.

Sin embargo, existía un gran problema, y era que las iniciativas de implementaciones tecnológicas eran impulsos particulares de algunas áreas y/o profesionales, quienes tenían una visión distinta de hacer minería. Profesionales jóvenes que venían de otras industrias comenzaron a empujar estas iniciativas, pero la resistencia a su adopción venía desde todos lados de la organización.

A finales del año 2017 la empresa dio un giro, liderado por su CEO, Sebastian Ríos, y por áreas empoderadas bajo la premisa de que la tecnología es la mejor forma de hacer sus faenas más productivas, se crea el Modelo Evolutivo Pucobre, el cual define las iniciativas a realizar en el periodo 2018-2022, dentro de las cuales sus pilares fundamentales son mantener foco en una Visión y Estrategia del Negocio, planificar a largo plazo procesos y resultados e Incorporar permanentemente tecnología de punta. Adicionalmente se basan en modelos de excelencia operacional de 5S y TPM. Estos pilares fueron claves para vencer las resistencias culturales de adopción de tecnologías dentro de la empresa [35].

Las problemáticas a resolver son muy similares al caso de estudio anterior:

- Bajos precios del mineral que extraen (Cobre).
- Organización carecía de las competencias para el cambio de modelo operativo.
- Problemas de seguridad en el interior de la mina [36][37]
- Mantener un negocio rentable en el largo plazo.

Una de las soluciones identificada por esta empresa, fue la implementación de la tecnología disruptiva de Big Data en el año 2019. Dichas fuentes masivas de información provienen de cientos de dispositivos, tales como sensores, instrumentos, dispositivos RFID y equipos de comunicación WIFI entre otros. Se suma a lo anterior, sistema de reporteria generado por operadores y estadísticos de la Superintendencia de Minas. Para tal efecto, una carretera de datos de alta velocidad fue instalada, la cual se acompaña del desarrollo de programas que permiten el procesamiento de los datos. En este último punto se busca tener como producto, esquemas visuales fáciles y sencillos que agregan valor, un ejemplo es la fuerte utilización de herramientas BI.

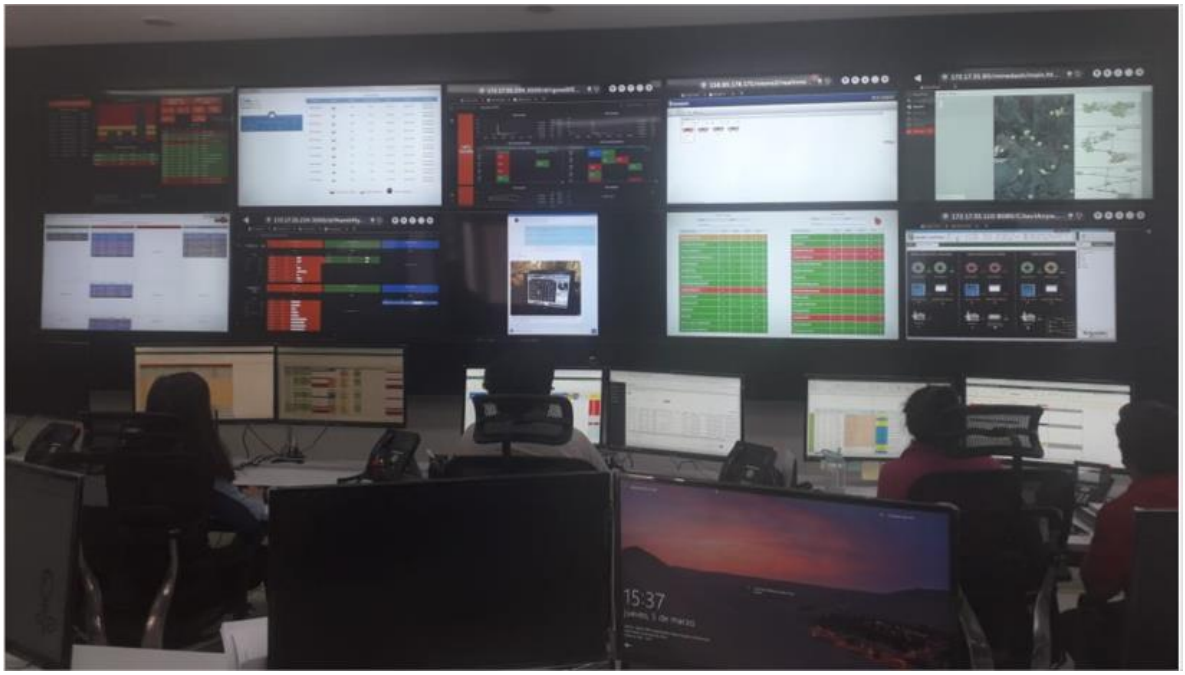


Fig. 29 Sala Control de Operaciones Minera – Pucobre. Fuente: Pucobre.

Los beneficios obtenidos fueron los siguientes[25]:

- Aumento de aproximadamente un 12% en producción y mineral extraído, esto debido a la correcta gestión de los ciclos productivos y la eficiente asignación de camiones a cargadores en interior mina
- Aumento de la seguridad del personal al tener debidamente identificado en qué lugares están trabajando los operadores. Índice de Frecuencia bajo 1 en minas.
- Una proyección de 45% de ahorro en reemplazo de neumáticos, gracias a gestión en tiempo real de las condiciones de los mismos.
- Entorno más seguro de trabajo al tener monitoreada la temperatura, flujo de ventilación y gases peligrosos dentro de la mina.
- Ahorro proyectado de un 20% de electricidad al tener la posibilidad de prender o apagar ventiladores secundarios desde la sala de control.

[25] Fuentes: Como Tecnología Apoya en el Aumento a Producción – LATAM Training MST global 2019. Entrevistas a Jefe de Ingeniería de Servicios Mineros y Arquitecto de Sala COM compañía Pucobre.

Gracias a la implementación de tecnologías disruptivas y la aplicación de modelos de excelencia operacional, Pucobre logró vencer las resistencias culturales propias de la idiosincrasia del minero. Con un fuerte apoyo del CEO y Gerente de Tecnología, se logró posicionar la sala de Control de la minera Pucobre como parte esencial de la operación, toda la información necesaria para controlar las faenas está ahí, y el jefe de turno ya no está dentro de la mina, sino que está sentado monitoreando la operación desde la superficie.

Pucobre sigue mirando al futuro, con una hoja de ruta guiada por la implementación de tecnología disruptiva[26] y la mejora continua de sus procesos, para incrementar su producción, bajar sus costos, y tener una faena sustentable, con planificación de largo plazo y rentable en el tiempo.

[26] A la fecha del estudio se estaban comenzando a implementar vehículos semiautónomos en interior mina.

Durante las entrevistas efectuadas y los casos presentados en los puntos anteriores, ya se puede comenzar a visualizar que la implementación de tecnologías disruptivas genera y entrega valor cuando es bien incorporada, esto se vio cuantitativamente en los beneficios obtenidos y las soluciones implementadas por las dos compañías analizadas en los casos de estudio. También existe una percepción de los entrevistados de que las tecnologías disruptivas tienen valor intrínseco, al ser consultados por la importancia de implementarlas en sus operaciones y los principales beneficios que ellos encontraron.

Aunque el cliente sabe el valor que debe o quiere obtener, es importante demostrar mediante una metodología por qué una implementación de tecnologías disruptivas tiene valor, de manera objetiva. De esta forma será más claro para el lector poder buscar el valor cuando se vea enfrentado a una potencial implementación de dichas tecnologías.

3.3 Metodología de Búsqueda de Valor

La metodología a utilizar será Lean Management, la cual nació en el ámbito de la producción, del alero de Toyota, pero actualmente se ha extendido su uso a todos los rubros, y dentro de ellos, a todos los ámbitos de la empresa. Se revisarán algunas herramientas de esta metodología, principalmente las que están asociadas a búsqueda de valor. La herramienta Lean Management es muy amplia, y es un modelo de gestión completo per se, sin embargo, su implementación no es compleja, y sus herramientas pueden utilizarse de manera disgregada para propósitos puntuales, como será en el caso del estudio en curso.

La excelencia en la gestión de toda organización empresarial debe tener como objetivo principal el cliente. Por ello, todo cuanto se refiera a las necesidades y requerimientos de los consumidores potenciales de la organización debe constituir un elemento básico de su estrategia y de su gestión (Cuatrecasas, 2010). Como se vio en las entrevistas, esto no escapa a la implementación de una tecnología disruptiva. Uno de los entrevistados indicó que “Es importante implementar tecnologías disruptivas, siempre y cuando estas sean para beneficio económico (entreguen valor) y generen retorno, donde la tecnología se pague sola”. Otro

entrevistado apuntó que “implementar tecnología disruptiva porque si, no aplica, debe atacar una necesidad, debemos saber a qué parte del proceso lo podemos aplicar, ya que si no es aplicable a mis procesos, no agrega valor. Sin aplicación concreta, mejor no meternos en tecnologías disruptivas”.

Dar prioridad a lo que el cliente valora en el producto es el fundamento de la excelencia en la gestión. Pero, para lograrlo, toda la actividad empresarial debe estar impregnada de este objetivo prioritario. Generar valor no es algo exclusivo de quienes diseñan productos y servicios. Todas las actividades de cualquier organización repercuten en sus clientes. De hecho, son las actividades de todos los procesos de la organización las que tienen que estar impregnadas de valor. Cualquier actividad debería estar sujeta a la pregunta **¿aporta valor al cliente?**, Ello es tanto como decir ¿pagará más el cliente por mi producto después de realizar esta actividad? Y es que esta es la forma más sencilla de confirmar que se está aportando valor para el cliente: hacer cosas por las que este se halle dispuesto a pagar. Así de claro (Cuatrecasas, 2010). Este punto es en extremo relevante, y según lo identificado en las entrevistas (Figura 20), algunos clientes indican que las empresas proveedoras de tecnologías disruptivas para su mercado no están entregando suficiente valor, indican también, que las empresas proveedoras son parte de las mayores dificultades al momento de la implementación de tecnología disruptiva y, esto, sin duda, puede ser una de las barreras más grandes para la adopción exitosa de tecnologías disruptivas en la mediana minería subterránea chilena.

Una de las preguntas planteadas durante las entrevistas tenía por objeto identificar lo que requieren los clientes de parte de las empresas proveedoras para implementar de manera exitosa tecnologías disruptivas en el mercado en estudio (Figura 26). Los clientes indicaron principalmente que requerían alianzas más fuertes, más apoyo, que se les entienda en su contexto general. Algunos entrevistados indicaron: “Hace falta que el proveedor entienda al cliente y que demuestren el valor de la tecnología. Debe haber un esfuerzo adicional del proveedor de educar y acompañar al cliente”, “El proveedor debe entender al cliente

en su todo. En su cultura, en el requerimiento y en el contexto total". Todo se asocia a que se demuestre el valor, pero desde el punto de vista del cliente, no del valor que el proveedor piensa que su tecnología entrega.

Asociamos entonces la búsqueda de valor desde el lado del proveedor, y el primer paso debe ser analizar el proceso completo en la entrega de la solución con tecnología disruptiva e identificar lo que se esconde bajo el concepto del NO VALOR. Ahora, cuáles son las actividades de NO VALOR, son aquellas por lo que el cliente no estaría dispuesto a pagar, y lo que no responde a las expectativas o necesidades del cliente.

Dentro del modelo Lean, muchos se refieren a las actividades de NO VALOR, como MUDA. Toyota, por ejemplo, clasifica este concepto en 7 tipos diferentes de MUDA (Figura a Continuación).

Fig. 30 Siete tipos de MUDA o Despilfarro según Toyota - Fuente: Kailean Consultores

Para hacer este proceso más demostrativo, se tomará un ejemplo de las tecnologías disruptivas analizadas, se analizará el proceso de implementación, y se buscará las potenciales actividades de No Valor.

Primero se ve el análisis que realiza el mandante del proyecto, el cliente tiene una necesidad o una problemática, analiza diferentes alternativas y elige una solución, en este caso, de Big Data. Al implementar esta solución el cliente espera que genere ciertos beneficios y valor al fin del proceso.

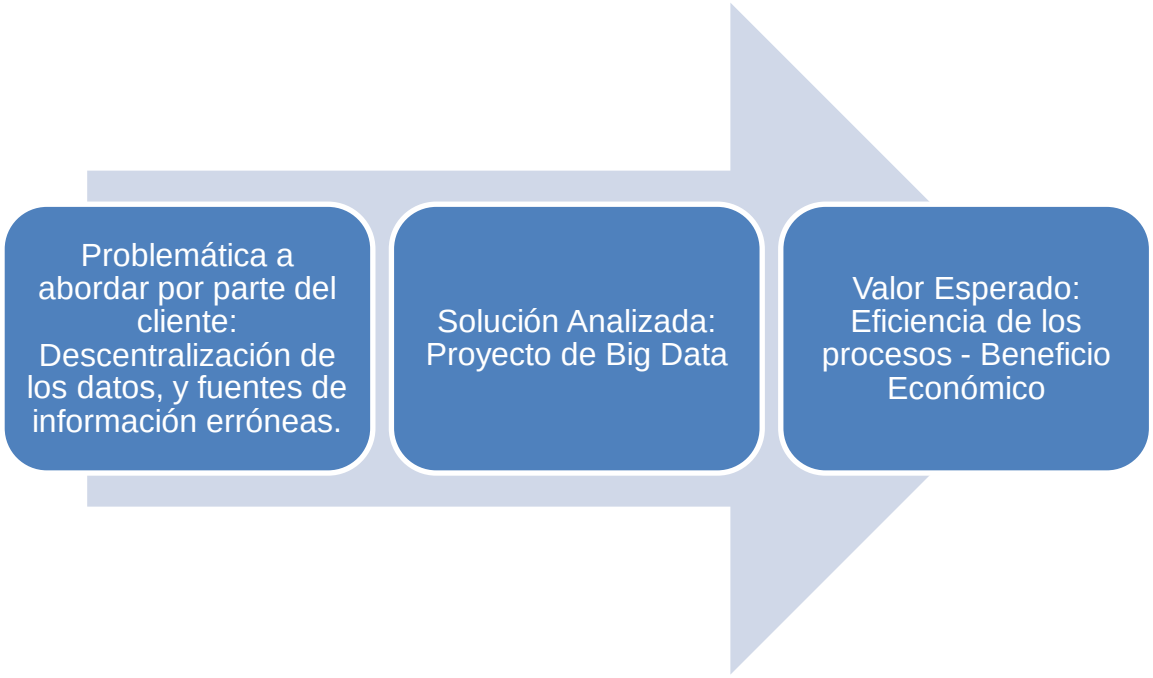


Fig. 31 Análisis inicial por parte del cliente al momento de evaluar una implementación de tecnología disruptiva.

El cliente tiene claridad de su problemática y de lo que espera obtener, el cliente ya definió el valor, su incertidumbre está en si la solución analizada, y el proveedor que la entregue, podrá generar el valor esperado.

Ahora, el proveedor de la solución debe analizar su proceso de entrega de valor con la solución de Big Data a proveer. Cada paso del proceso debe ser sometido al análisis del siguiente flujo:

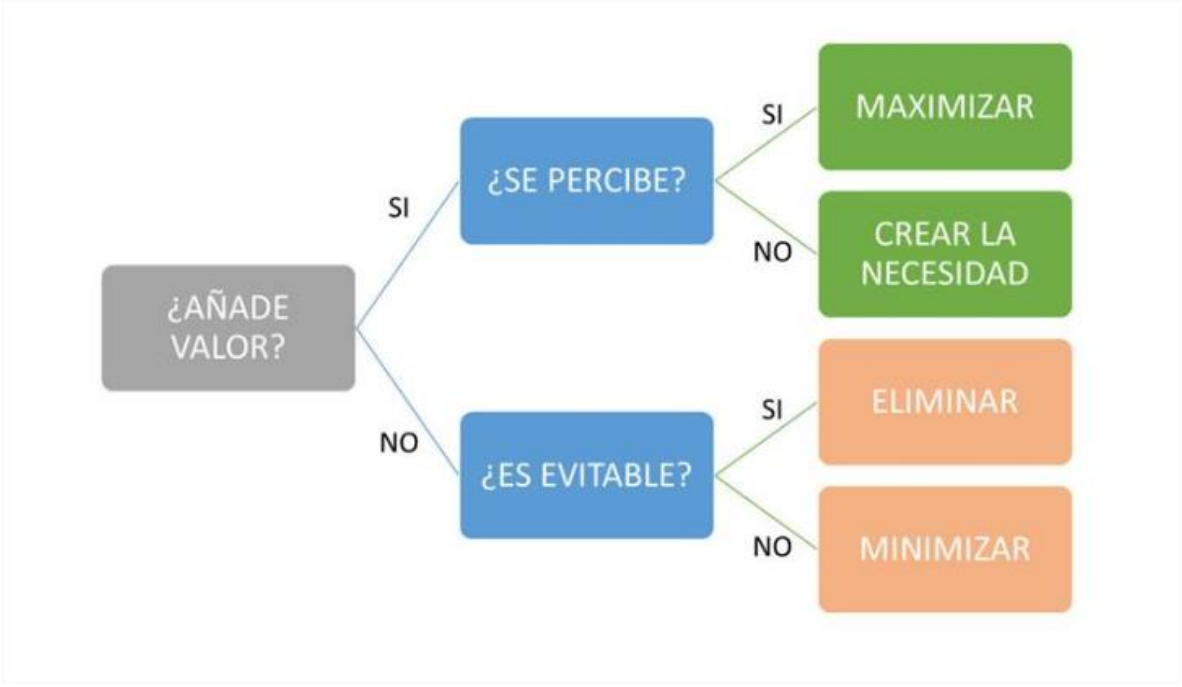


Fig. 32 Flujo de identificación de Valor

La figura a continuación muestra todos los pasos a realizar desde que comienza su interacción con el cliente. Acá es muy importante que en la búsqueda de aumentar el valor para el cliente se analicen todos los pasos, no solo los que se realizan en sitio, o al momento de la implementación. Cada uno de los procesos que constituyen el flujo de valor de un producto o servicio debería aportar un nuevo valor añadido sobre los anteriores. El consumidor, que se halla al final de este flujo, indicará el valor que realmente considera que recibe.

Fig. 33 Flujo simplificado de la empresa proveedora de la solución disruptiva.

Se ve que en este flujo simplificado existen actividades que agregan mucho valor al cliente, como la implementación de Reportes y Vistas, y otras que no, como la Gestión Comercial interna. En este caso, la actividad de Gestión Comercial Interna no se puede eliminar, porque es parte de la cadena para poder gestionar el envío de los equipos al cliente, pero como no agrega mayor valor al cliente, su impacto sobre el proceso se debe minimizar.

Las actividades que generan mucho valor se deben maximizar si su valor no es percibido. En el ejemplo de la figura anterior, es muy importante que la implementación de los Reportes y Vistas sea iterada múltiples veces con el cliente, ya que es el correcto uso de estos los que le generarán los procesos más eficientes y el beneficio económico esperado.

El objetivo principal del análisis constante de las tareas y actividades, es crear un flujo óptimo. Esta es una actividad que no tiene fin, y es de mejora continua, ya que una vez que se piensa que se tiene un flujo óptimo, se debe volver a analizar, y siempre se debe plantear como optimizar la solución, por más difícil que parezca.

Para la búsqueda de valor siempre se debe poner en los zapatos del cliente y preguntarse: ¿Este proceso agrega valor?

La aplicación de esta metodología para la búsqueda de valor para el cliente es beneficiosa para todos:

- Para los clientes, se dará respuesta a sus necesidades / expectativas. Bien sea porque habrá menos errores, menos demoras, servicios más seguros, etc. o simplemente, se mejorarán atributos más subjetivos o personales como aquellos que van asociados al entorno (comodidad, limpieza, privacidad) o al factor humano (interés demostrado hacia el cliente, información de calidad, etc.)
- Para el personal, podrán trabajar en procesos y espacios libres de despilfarros y defectos. Al fin y al cabo, dedicarse a tareas de no valor, frustra.
- Para la Dirección, la organización operará con procesos más eficientes y productivos; lo que impacta favorablemente en los objetivos de la compañía
- Para el proveedor, ya que la práctica de esta constante iteración de búsqueda de valor de sus procesos, le permitirá siempre estar entregando soluciones de mayor valor, lo que le dará ventajas competitivas sobre sus competidores, y será más preferido por los clientes.[38].

Finalmente, se debe tener en cuenta lo que el cliente necesita al momento de embarcarse con mayor tranquilidad en proyectos con tecnología disruptiva: Que los proveedores sean verdaderos partners, que entiendan al cliente en su contexto total y que sean flexibles a la hora de embarcarse en un proyecto de este tipo en conjunto. El cliente quiere más valor, y el proveedor de la tecnología disruptiva tiene la misión de buscarlo y entregarlo.

Un elemento crítico que se encontró en el desarrollo de las entrevistas y casos de estudio, y que fue además una de las principales motivaciones de esta investigación, fue la resistencia cultural que puede provocar la adopción de tecnologías disruptivas en las empresas del segmento en estudio. Estas resistencias pueden llegar a ser tan potentes, que mal abordadas pueden significar el fracaso de un proyecto de este tipo.

Un punto clave que se descubrió en los casos de estudio realizados, fue que ambas empresas prepararon el terreno para los trabajadores, antes de la implementación de la tecnología disruptiva. Una de ellas implementó “Talleres Nivel 0” donde se concientizó a todas las personas de la importancia de la tecnología a implementar, no solo a nivel de la empresa, sino que para todos los empleados. La otra empresa utiliza un estándar llamado MEXO (Mejoras de Excelencia Operacional) el cual fue implementado en el año 2015 con el objetivo de reducir costos y acrecentar la productividad, parte de este estándar también es gestionar el cambio organizacional.

Lo que hicieron, y siguen haciendo, las empresas analizadas en los casos de estudio es gestionar el cambio, de manera que la tecnología a implementar pueda entregar el valor que supone para la organización, los cambios sean adoptados de buena manera y, finalmente, genere beneficios para toda la cadena. Todo esto con un apoyo potente de la alta gerencia.

También, durante las entrevistas se abordaron los temas culturales, organizacionales y de resistencia. En la pregunta de cuáles eran las mayores dificultades al momento de la implementación de tecnología disruptiva, se identifican dos tendencias claras (Figura 20), donde la mayor inclinación se da hacia la poca o nula gestión del cambio organizacional de parte de la empresa al realizar la introducción de una tecnología disruptiva, esto genera desconocimiento y temor por parte de los usuarios, poca confianza en la tecnología, y crea una organización poco preparada para los cambios que significa implementar una tecnología disruptiva. Todo lo anterior genera resistencia de parte de los que usarán la tecnología, y que son actores claves a la hora del éxito del proyecto.

Otra de las preguntas de la entrevista apuntó a la principal barrera que se encuentra cuando se propone un proyecto con tecnología disruptiva (Figura 23), es decir, un paso antes de que se implemente. En esta etapa es esperable encontrar barreras económicas, pero la otra tendencia que indicaron los entrevistados fue el tema cultural. “Los operadores de la empresa no estaban preparados para este cambio” indicó uno de los entrevistados, “Falta de información y capacitación”, “dejar de hacer las cosas como uno está acostumbrado” indicaron otros. Nuevamente se ve que las barreras encontradas pueden ser gestionables.

Para terminar de abordar el tema de resistencia cultural durante la entrevista, se preguntó al grupo si, de acuerdo a su opinión experta, existe resistencia de parte de los usuarios al momento de una implementación tecnológica (Figura 21), la respuesta fue contundente, todos los entrevistados indicaron que Si existe resistencia de parte de los usuarios al momento de implementar una tecnología disruptiva. En los motivos de por qué creen que Si existe resistencia (Figura 22), muchos apuntan a comportamientos inherentes del ser humano, como miedo de perder su puesto de trabajo, o desconfianza general en la tecnología, esto va a llevar a que el grupo que debe utilizar la herramienta para el éxito del proyecto intente sabotearlo. Nuevamente, todos elementos gestionables.

Entonces, se identifica la resistencia cultural u organizacional ante la implementación de tecnologías disruptivas en el mercado en estudio, y se ve que una de las razones más importantes es la fallida o no existente gestión del cambio. Ahora, ¿cómo se vence esta resistencia y se crean agentes de cambio en la organización?, ¿Cómo se involucra a los futuros usuarios de la tecnología disruptiva para que la probabilidad de éxito del proyecto incremente de manera crítica? Para este propósito se utilizará la metodología de gestión del cambio.

3.4 Metodología de Gestión del Cambio – 8 Pasos de Kotter

Algunos autores incorporan un gran número de condiciones y detonantes de una actitud de resistencia al cambio, como por ejemplo: el miedo a lo desconocido; la falta de información; los factores históricos; las amenazas al estatus; las amenazas de los expertos; las amenazas al pago y perdida de otros beneficios; la baja

confianza organizativa; la reducción en la interacción social; el miedo al fracaso; la poca flexibilidad organizativa; el aumento de las responsabilidades laborales; la disminución en las responsabilidades laborales; el temor a no poder aprender las nuevas destrezas requeridas, entre muchas otras (Lefcovich, 2006). Se ve que, en los datos analizados, y los resultados encontrados durante el desarrollo de este estudio, muchos de estos motivos están presentes. Otros estudios demuestran que es la falta de canales de comunicación entre la gerencia y los empleados lo que produce mayor resistencia al cambio (Arras Vota, 2008; Garcia Rubiano, 2011; Mazzei, 2014).

Para trabajar las resistencias y el cambio, se utilizará el modelo de Kotter de gestión del cambio en 8 pasos, asociado a uno de los casos de éxito analizados en este estudio. Kotter presenta su proceso en su libro "Liderando el cambio" ("Leading Change"), publicado en 1995. Los 8 pasos son:

1. **Crear sentido de urgencia**: Para que ocurra el cambio, es crítico que toda la organización realmente lo quiera. Se debe desarrollar un sentido de urgencia alrededor de la necesidad de cambio. Esto puede ayudar a despertar la motivación inicial para lograr un movimiento. Hay que tener un diálogo honesto y convincente acerca de lo que está pasando en el mercado.

   Pasos Concretos:

   - Identificar potenciales amenazas y desarrollar escenarios que muestren lo que podría suceder en el futuro.
   - Examinar oportunidades que deben ser o podrían ser explotadas.
   - Iniciar debates honestos y dar razones convincentes para hacer a la gente pensar y hablar.

En uno de los casos de estudio, quien tomó el rol de crear el sentido de urgencia fue el VP de Operaciones, él logró transmitir a todos los trabajadores la idea de que operar con tecnologías de este tipo es una de las formas de mantener el negocio a flote. Sin negocio no hay trabajo para nadie, se creó el sentido de urgencia.

2. **Formar una poderosa coalición:** Se trata de identificar a aquellos líderes que han compartido la misma visión dentro de la empresa, y hacerles partícipes del cambio, involucrarles, establecer un frente común. Hay que trabajar juntos para llevar a cabo el cambio. Pero antes debemos asegurarnos que el grupo seleccionado tiene la suficiente representatividad, y que la mezcla sea extensa. Es conveniente que no todas las personas sean de la misma área, para que sea una iniciativa transversal para la operación.

Pasos Concretos:

- Identificar los líderes positivos de la organización.
- Pedirles un compromiso emocional.
- Trabajar en equipo en la construcción del cambio.
- Identificar áreas débiles dentro del equipo y asegurarse de que exista una buena mezcla de personas de diferentes departamentos y diferentes niveles de la empresa

En uno de los casos de estudio analizados, mediante el apoyo del CEO se crearon equipos de diferentes áreas, liderados por “champions” o agentes de cambio, que estaban encargados de entregar el mensaje a sus equipos, identificar potenciales personas problemáticas e impregnar de la importancia de la nueva tecnología a implementar a su equipo.

3. **Crear visión para el cambio:** Ideas generales e ideas concretas tienen que estructurarse en este paso. En este punto se materializaría una hoja de ruta clara y concisa, que pueda ser recordada fácilmente.

Pasos Concretos:

- Determinar los valores que son fundamentales para el cambio.
- Elaborar un breve resumen que capture una visión futura de la organización.
- Crear una estrategia para ejecutar esa visión.
- Asegurarse de que la coalición pueda describir la visión en 5 minutos o menos.

- Practicar la declaración de la visión propia a menudo.

Una de las empresas en estudio creo su propia visión de Minería 4.0, y como la compañía debía alinearse y adaptar esta visión general del mercado minero, pero a su realidad organizacional.

4. **Comunicar la visión de forma efectiva**: La visión sintetizada tiene que estar presente en el discurso interno de la organización. De forma frecuente y sólida la idea tiene que ir penetrando en el subconsciente colectivo de la empresa. Los canales de comunicación interna son elementos clave en este paso.

Pasos Concretos:

- Hablar a menudo de la visión de cambio.
- Responder abierta y honestamente a las preocupaciones y ansiedades de la gente.
- Aplicar la visión en todos los aspectos operativos, desde el entrenamiento hasta la evaluación de la performance. Atar todo a la visión.
- Predicar con el ejemplo.

Una de las empresas estudiadas en los casos generó su hoja de ruta en base a la visión adaptada de Minería 4.0, donde este concepto es constantemente comunicado en todas las reuniones relacionadas, y todas las iniciativas de tecnologías disruptivas deben ir asociadas a esta visión.

5. **Eliminar los obstáculos**

En este paso todo el mundo es consciente del cambio que se quiere imponer en la empresa, y cuáles son los beneficios del mismo. Habrá quienes viendo las ventajas de este cambio se lanzarán a aplicarlos ya en su trabajo diario. A estas personas hay que recompensarlas, ya sea a través del organigrama o incluyéndolas en el grupo promotor del cambio. Pero también aparecerán quienes se resisten al cambio. No costará mucho identificarlos, y en este caso habrá que hacer que tomen consciencia de lo que supone para la empresa no aplicar los cambios.

Pasos Concretos:

- Identificar o tomar personas nuevas que sean líderes del cambio y cuyas funciones principales sean impulsarlo.
- Mirar la estructura orgánica, puestos, y sistemas de recompensas para asegurarse de que están alineados con la visión.
- Reconocer y recompensar a la gente que trabaja para el cambio.
- Identificar a las personas que se resisten al cambio y ayudarles a ver que lo necesitan.
- Adoptar medidas para eliminar las barreras (humanas o no).

Una de las empresas en estudio aplicó una filosofía en este paso. El cambio ocurrirá sí o sí. Las personas que se adhieran serán recompensadas, las que no, serán entrenadas y apoyadas por la organización para convertirse en agentes de cambios. Si hay personas que no quieren cambiar, y se resisten, pese al apoyo de la compañía, serán reemplazados por gente que crea en la visión de la organización.

6. **Asegurar triunfos a corto plazo:** Es sabido que el éxito motiva. Se deben generar recompensas en fases tempranas del cambio, así será mucho más sencillo seguir adelante. Si los resultados se visualizan pronto este optimismo respecto al cambio será contagioso.

Pasos Concretos:

- Buscar proyectos de éxito asegurado, que se puedan implementar sin la ayuda de aquellos que sean resistentes al cambio.
- Analizar cuidadosamente los pros y contras de cada proyecto. Si no tiene éxito en la primera meta, se puede dañar enteramente la iniciativa de cambio.
- Reconocer el esfuerzo de las personas que ayudan a alcanzar los objetivos.

Una de las empresas en estudio, dentro de una de las tecnologías disruptivas que incorporó, fue agregando victorias a corto plazo para el área usuaria. Dentro de un proyecto de Big Data, el área usuaria iba pidiendo diferentes reportes y paneles de información necesarios para su operación día a día. La empresa puso el desarrollo

de estos requerimientos como prioridad, así cada vez que se desarrollaba un reporte o panel con la información necesaria, y con la retroalimentación del área involucrada, lo sentían como un triunfo.

7. **No bajar el ritmo:** Aunque los triunfos a corto plazo son atractivos en un momento inicial, los cambios verdaderos tardan en incorporarse. Por lo tanto, no se debe perder el foco en los cambios estructurales y más profundos, pues sólo estos serán capaces de aportar mejoras continuas para los procesos y proyectos.

Pasos Concretos:

- Después de cada victoria, analizar qué salió bien y qué se necesita mejorar.
- Fijarse más metas para aprovechar el impulso que se ha logrado.
- Aplicar Mejora Continua.

En una de las empresas en estudio, basados en la visión de Minería 4.0, había un camino definido que permitía tener las victorias a corto plazo, pero su enfoque es de largo plazo, sin un final definido y con una mejora continua y constante, que ellos le llamaban CANI (Constant And Never-ending Improvement).

8. **Anclar el cambio a la cultura de la empresa:** El último paso es aquel que vincula definitivamente el cambio con el corazón de la empresa. Debe penetrar en la cultura corporativa de la organización. Se debe garantizar que las transformaciones han entrado en todos los aspectos y aristas de la compañía.

Pasos Concretos:

- Incluir los ideales y valores del cambio cada vez que se contrate y se entrene gente nueva.
- Reconocer públicamente los principales miembros de la coalición de cambio original, y asegurar de que el resto del personal – antiguos y nuevos - se acuerden de las contribuciones.

- Hablar acerca de los avances cada vez que se dé la oportunidad. Contar historias de éxito sobre procesos de cambio, y repetir otras historias que se oigan.

Pucobre, una de las empresas en estudio está en esta etapa, en la de incorporar el cambio y la adopción de tecnologías disruptivas como parte del ADN de la operación de la empresa. Esta etapa es de largo aliento y puede durar años.

A continuación, se muestra una figura que resume los 8 pasos revisados en detalle:

Fig. 34 Método de Kotter - Gestión del Cambio en 8 pasos - Fuente Estrategia Magazine

Luego de revisado en los puntos 3.3 y 3.4, tanto la búsqueda de valor, la cual se da más de parte del proveedor, y la gestión del cambio, que se da más de parte del mandante, se ve que el trabajo en equipo y el apoyo de todos los actores de la

cadena son claves para el éxito de la implementación y adopción de tecnologías disruptivas en el mercado en estudio.

Antes del cierre de este punto, es valioso incluir un extracto de una de las entrevistas realizadas, de uno de los encuestados que trabaja en una empresa que lleva años haciendo iniciativas de gestión del cambio. Su visión es clara al momento de preguntarle si él cree que es importante la implementación de tecnologías disruptivas en su operación: *"Es importante primero entrar en una etapa de convencimiento de la tecnología, donde se debe trabajar en demostrarle al usuario el valor de la misma. Una vez saltada esta valla, hay un alto porcentaje de gente que empieza a adherir, pero casi todos requieren pasar por este proceso.*

Para los usuarios al momento de implementar tecnología siempre va a ser "ver para creer", y una vez que ven, deben encontrar un valor mayor en la tecnología a como hacen las cosas hoy. El usuario verá la tecnología y dirá: "Muy bien, funciona, ahora, ¿por qué yo debería cambiar la forma en la que hago mi proceso?, por algo que me va a costar más entender, si lo que yo hago ya funciona"

Para lograr este objetivo mucho tiene que ver la apertura de la alta gerencia para que crea y apueste por este camino, y no solo de manera superflua, sino que constante a través del tiempo, con mecanismos y metodologías claras como gestión del cambio.

Ante una implementación disruptiva de tecnología, la gestión del cambio es lo más importante, ya que, desde el punto de vista de la tecnología, existen muchas compañías que saben cómo implementar y que son expertas en eso, pero desde el lado del cliente se debe saber qué problema queremos resolver, y debemos identificar el cómo traspasar a la gente buena que opera en la forma tradicional de hacer las cosas, a gente buena en la nueva forma tecnologizada de hacer las cosas."[27]

[27] Entrevista completa en Anexos 5.1.6

4. COMENTARIOS FINALES

4.1 Recomendaciones

Según lo analizado en el estudio, se realizan las siguientes recomendaciones en pos de una exitosa adopción de tecnologías disruptivas en el mercado de la mediana minería subterránea chilena:

1- La propuesta o implementación de una tecnología disruptiva para abordar un problema en una empresa de este rubro siempre debe estar respaldada por la alta dirección. Es clave que la alta gerencia se eduque con respecto a la tecnología a proponer o implementar y crea firmemente en los beneficios y el valor que va a entregar a la operación.

2- Deben existir planes comunicacionales claros en la empresa que va a adoptar una tecnología disruptiva para la solución de algún problema. Se debe involucrar a la mayor cantidad de personas y áreas para que participen de estas iniciativas y se impregnen con el cambio a generar.

3- La empresa que adopta tecnologías disruptivas debe utilizar alguna metodología para gestión del cambio, idealmente, antes o en paralelo de la adopción de la tecnología. Puede ser la metodología propuesta en este estudio u otra, pero esto es clave para reconocer y trabajar las resistencias que se encontrarán en la empresa, y para mitigar las barreas o desafíos que se puedan encontrar.

4- Las empresas proveedoras deben demostrar el valor de las tecnologías disruptivas en pos de resolver la problemática para sus clientes, deben analizar el contexto general del entorno que rodea a la implementación de la tecnología disruptiva, y ser verdaderos partners en la adopción. No se puede, ni debe, dejar todo en manos del cliente, es obligación de la empresa proveedora el de acompañar, guiar, apoyar y estar a la altura del desafío, en resumen, agregar valor.

5- Si bien el alcance de este estudio no lo cubre, el desarrollar un análisis de Retorno de Inversión (ROI) de la tecnología disruptiva propuesta puede ser muy útil para el cliente. Esta se puede construir entre las dos partes

(proveedor y cliente), y será de mucha utilidad para el cliente para conseguir la aprobación economía del proyecto con la alta gerencia, y para el proveedor para solventar y sostener su propuesta.

6- El contar con casos de éxito, ojalá locales, de parte de los proveedores para apoyar al cliente que quiere implementar la solución con tecnología disruptiva también puede ser clave. El mercado en estudio necesita “ver para creer”, por lo mismo si se puede llevar a los clientes a ver estas instalaciones operando en otro lado, y demostrar cuantitativamente sus beneficios, puede ser muy beneficioso para la adopción de la tecnología analizada.

7- Establecer partnerships y alianzas formales entre las empresas proveedoras y los clientes puede ser muy beneficioso para ambas partes. Incluso, en el caso de no tener casos de éxito de la tecnología disruptiva a implementar, mediante esta modalidad se pueden construir en conjunto, a través de pilotos o pruebas de concepto. Esto es beneficioso para el cliente al obtener tecnología disruptiva de manera más paulatina y con apoyo constante, y para el proveedor a través de poder ir probando nuevas versiones o cambios para que la tecnología planteada siga en una curva de disrupción continua.

8- Crear “Champions” o agentes de cambio en la organización, para que lideren cambios tecnológicos disruptivos y evangelicen a los miembros de la empresa. Deben ser perfiles preparados para esta misión, con una posición de toma de decisión y carisma para entusiasmar al resto, ya que deben educar y dar confianza a los futuros usuarios de la tecnología disruptiva, de que esta no los va a reemplazar o va a hacer su tarea más difícil, sino todo lo contrario. Además, debe ser un perfil muy analítico para poder determinar el valor que tiene cada propuesta o implementación con tecnología disruptiva, poder ver los beneficios a obtener al final del camino, y comunicarlos a la operación.

4.2 Conclusiones

La volatilidad en el mercado minero es una variable que siempre estará presente, y a las compañías mineras les urge demostrar de manera clara a sus accionistas y directores, pero también a las comunidades, sindicatos, proveedores y entidades gubernamentales, cuál será el plan de acción a tomar, cuando los precios vuelvan a caer. Producir al menor costo posible y de manera segura se mantienen como medidas vitales para la performance de la operación y como esencial dentro del plan de las compañías.

Es necesario entonces construir pilares para agregar más valor, y la tecnología es sin duda uno de los más importantes, ya que las tendencias actuales y futuras no solo muestran la implementación de ellas en equipos autónomos o de robótica para apoyar los procesos productivos, sino que la adopción en toda la cadena del negocio, como, por ejemplo, el ingreso de digitalización a la cadena de abastecimiento.

Mediante la información recabada en las entrevistas se validó que el aumento de seguridad es el objetivo intangible más importante para cualquier minera, y que junto a esto, la eficiencia y productividad son pilares para incrementar la rentabilidad de una empresa minera, y la implementación de tecnologías disruptivas está alineada a este objetivo Los beneficios económicos y de seguridad que se generan con la implementación de tecnologías disruptivas son tangibles y fueron demostrados en este análisis. Sin embargo, en base a lo expuesto en este estudio, la resistencia a los cambios es algo inherente del ser humano, está presente en nuestra conducta y se debe considerar como un tema clave al momento de proponer la implementación y adopción de tecnologías disruptivas. Existen metodologías, como las expuestas en el desarrollo de este documento, que permitirán no solo manejar esta resistencia y demostrar el valor de las tecnologías a los más escépticos, sino también, vencer las barreras y dificultades al momento de la proposición o implementación de las mismas.

En la justificación de este estudio se plantearon dos interrogantes, la primera fue: ¿Es la mediana minería subterránea chilena resistente a la adopción de tecnologías, y aún más si son disruptivas? La hipótesis inicial planteada es que el mercado de la mediana minería subterránea chilena es de hecho resistente a la adopción de tecnologías, y se demostró y validó mediante la información recabada en las entrevistas de diferentes tomadores de decisión de la industria en estudio.

Se planteó la pregunta de manera directa a los encuestados, donde los 15 entrevistados indicaron que Sí existe resistencia de parte de los usuarios al momento de una implementación tecnológica. Muchos apuntaron a temas culturales o inherentes del ser humano, al temor de ser reemplazados por la tecnología, o desconfianza de que un software o una maquina pueda hacer una labor mejor que ellos que “sienten y escuchan el cerro”. Otros entrevistados apuntaron a temas etarios, es decir, las personas mayores o no nativos digitales tenderían a mostrar una mayor resistencia al momento de la implementación de una tecnología disruptiva.

Ahora, desde el punto de vista de las barreras encontradas en la organización cuando se propone un proyecto con tecnología disruptiva, la información encontrada en las entrevistas indico que estas venían desde dos ámbitos, económico y cultural, se indicó que cuando se propone la tecnología la barrera es económica, y cuando se implementa es cultural.

Se ve entonces que la resistencia viene desde todos los sectores, no solo desde los usuarios.

La segunda interrogante planteada en la justificación de este estudio era saber si ¿Existen casos de compañías que buscan liderar y ser adoptadores tempranos en la mediana minería subterránea chilena? Se demostró en esta investigación, mediante el análisis de dos casos, que Sí existen estos casos, lo que es muy positivo en la industria en estudio.

El primer caso estudiado fue el de Minera Uva, del Holding Cemin, la cual identifico que las tecnologías disruptivas podían llevar a su operación a ser más eficiente y productiva. Según su Vicepresidente Ejecutivo Cemin tiene una faena subterránea modelo, que es fruto de los últimos dos años (2018 – 2019), y en gran medida de un empuje por promover la innovación. Va a operar en forma autónoma, con camiones sin choferes, scoop telecomandados, con un mínimo de gente arriesgándose dentro de la mina. Estas iniciativas la convierten sin duda en una compañía líder en estas innovaciones y un adoptador temprano en la mediana minería subterránea chilena.

El segundo caso estudiado fue el de Minera Pucobre, la cual desde el año 2015 comenzaron con una visión de implementar distintos tipos de tecnologías para aumentar principalmente la seguridad de sus trabajadores dentro de sus tres minas.

A finales del año 2017 la empresa dio un giro, liderado por su CEO y por áreas empoderadas bajo la premisa de que la tecnología es la mejor forma de hacer sus faenas más productivas, se crea el Modelo Evolutivo Pucobre, el cual define las iniciativas a realizar en el periodo 2018-2022, dentro de las cuales sus pilares fundamentales son mantener foco en una visión y estrategia del negocio, planificar a largo plazo procesos y resultados e incorporar permanentemente tecnología de punta. Adicionalmente se basan en modelos de excelencia operacional de 5S y TPM. Estos pilares fueron claves para vencer las resistencias culturales de adopción de tecnologías dentro de la empresa.

Pucobre sigue mirando al futuro, con una hoja de ruta guiada por la implementación de tecnología disruptiva y la mejora continua de sus procesos, para incrementar su producción, bajar sus costos, y tener una faena sustentable, con planificación de largo plazo y rentable en el tiempo. Se puede decir entonces que esta compañía minera también se posiciona como líder en este tipo de iniciativas y como un adoptador temprano de tecnologías.

Se verá una potencial división de fuerzas en la industria, donde algunas compañías tendrán toda su cadena de valor bajo el alero de la tecnología, mientras otras solo tendrán pequeñas partes de su proceso. Y los resultados serán el no aprovechamiento de estas últimas de un activo intangible vital, los datos.

5. ANEXOS

5.1 Detalle de las Entrevistas Realizadas

5.1.1 Entrevista 1 – Gerente de Tecnología Mediana Minera Subterránea. 8 Años de experiencia.

P1: **Favor indique su rol en cuanto a la interacción con tecnologías disruptivas en su organización (Usuario, Tomador de Decisión, Evaluador, Influenciador, Otro).**

R1: Tomador de Decisión y Evaluador

P2: **¿Ha participado de algún proyecto con los siguientes tipos de tecnología? (Tele Operación / Operación Autónoma, LTE / 5G, Big DATA, Realidad Virtual / Realidad Aumentada, Robótica y Drones, Inteligencia Artificial / Marchine Learning, Ninguna de las anteriores):**

R2: Inteligencia Artificial / Machine Learning

P3: Favor detalle brevemente el alcance del proyecto

R3: Se adoptó una solución de IA basada en Microsoft Azure Video Analytics y los Cognitive Services para el tratamiento del agua en el proceso de extracción del mineral, que sustituyó el proceso manual, proporcionando más tiempo libre a los funcionarios que antes se dedicaban a la tarea, permitiendo incluso que se los entrenara para proyectos más estratégicos existentes en la operación.

El proceso manual contaba con tres ingenieros que se revezaban en distintas etapas del día para realizar el control visual que hace parte del tratamiento, encargándolos de mirar el río con una cámara y un monitor, a ver si no había espuma en puntos del recurrido en donde ya no debería estar. Cuando detectaban la presencia de la espuma, les tocaba avisar a los encargados en la planta para que tomaran las medidas necesarias para eliminarla del caudal con el uso de un antiespumante especial utilizado en este tipo de proceso de tratamiento de agua. Aunque contaba con profesionales altamente capacitados, la tarea representaba un pesado y repetitivo servicio manual, amenazada por las fallas humanas que podrían sucederles.

P4: **¿Qué problemática se abordó con la implementación de esta tecnología disruptiva en su operación?**

R4: Tratamiento de aguas luego del procesamiento del mineral

P5: ¿Cuál ha sido el principal beneficio de esta implementación?

R5: Uno de los principales beneficios de la adopción de Microsoft Azure Video Analytics fue la automatización del proceso, haciéndolo instantáneo, esto representa un ahorro financiero, ya que no es más necesario que los funcionarios queden ahí durante los días y las noches, más que esto, la empresa pudo capacitarlos para que estén aptos a manejar los análisis que realiza Video Analytics y que puedan dedicarse a otras soluciones similares en el futuro.

P6: **¿Cuáles fueron las mayores dificultades al momento de llevar a cabo este proyecto?**

R6: La principal dificultad fue propia del proceso, y era garantizar que la espuma no avanzara más allá de los límites previamente delimitados por el sistema en el caudal dónde realizan el tratamiento, ni demorara más del tiempo necesario para desaparecer.

Además, el ganar la confianza necesaria en la operación para migrar a un proceso automatizado realizado por maquinas, cuando había sido históricamente realizada por humanos.

P7: ¿Usted cree que existe resistencia de parte de los usuarios al momento de una implementación tecnológica?

En caso de su respuesta ser afirmativa, ¿Por qué?

R7: Si, principalmente por la adopción de una tecnología que desconocen.

Muy importante fue ver el perfil de los ingenieros que iban a administra y adoptar la herramienta.

Visualizamos que había resistencia de las personas mayores, los no nativos digitales, por lo que los ingenieros elegidos, aparte de su formación, era importante que fuesen nativos digitales.

P8: **¿Cuál es la principal barrera que encuentra cuando se propone un proyecto con tecnología disruptiva? (Económica, Cultural, Organizacional, etc.)**

R8: Principalmente Económica, pero una vez aprobados y conseguidos los fondos, las dificultades vienen de parte de los usuarios, debido al temor de ser reemplazados por la tecnología.

En nuestro caso no hubo reemplazo de gente, sino re capacitación

P9: **¿Qué hace falta de parte de los proveedores de tecnología que han implementado exitosamente en otros polos mineros para repetir la fórmula en su mercado?**

R9: Siempre es importante que apoyen a la minera en todas las fases de la implementación.

Si tienen un plan de adopción de tecnología, aún mejor. En nuestro caso, eso no fue así.

P10: **¿Cree usted que es importante la implementación de tecnologías disruptivas en su operación?**

R10: Claro, es vital.

Los ahorros económicos son muy importantes, pero también adoptar una tecnología que permita re capacitar a los empleados, entregándoles nuevas capacidades, mayor tiempo libre para tareas más estratégicas es crítico.

5.1.2 Entrevista 2 – Jefe de Tecnologías Mediana Minera Subterránea. 15 años de experiencia.

P1: **Favor indique su rol en cuanto a la interacción con tecnologías disruptivas en su organización (Usuario, Tomador de Decisión, Evaluador, Influenciador, Otro).**

R1: Evaluador e Influenciador

P2: **¿Ha participado de algún proyecto con los siguientes tipos de tecnología? (Tele Operación / Operación Autónoma, LTE / 5G, Big DATA, Realidad Virtual / Realidad Aumentada, Robótica y Drones, Inteligencia Artificial / Marchine Learning, Ninguna de las anteriores):**

R2: Ninguna de las Anteriores

P3: ¿Por qué aún no se han embarcado en proyectos que involucren este tipo de tecnologías?

R3: Aunque hoy estamos evaluando poner en marcha vehículos semiautónomos, principalmente por temas de seguridad, el principal motivo por el cual no nos hemos embarcado aun es por el costo de la tecnología, esto no es problema para una mina open pit de oro, pero si lo es para una subterránea de zinc y plomo

P4: ¿Usted cree que existe resistencia de parte de los usuarios al momento de una implementación tecnológica?

En caso de su respuesta ser afirmativa, ¿Por qué?

R4: Si, es cultural, debido a que tenemos falta de confianza de que nunca lo han visto funcionando y que nunca lo han tocado. Somos resistentes a la tecnología, debido a la falta de experiencia, y también debido a que las gerencias tomadoras de decisión son antiguas y son gerentes de mina con 20 años trabajando en la minera.

P5: **¿Cuál es la principal barrera que encuentra cuando se propone un proyecto con tecnología disruptiva? (Económica, Cultural, Organizacional, etc.)**

R5: En nuestro caso principalmente Económica, de hecho, si no fuese porque debemos poner vehículos semiautónomos, debido a que la zona a explotar es muy peligrosa para los operarios, ni siquiera pensaríamos en poner esta tecnología disruptiva costosa.

Sin embargo, una vez conseguidos los fondos se debe luchar contra la resistencia de los usuarios que piensan que la automatización inteligente les quitara los trabajos.

P6: **¿Qué hace falta de parte de los proveedores de tecnología que han implementado exitosamente en otros polos mineros para repetir la fórmula en su mercado?**

R6: Es extraño, tenemos la sensación de que los grandes jugadores vendedores de minería no empujan tecnología en la región. Tuvimos una experiencia con una gran empresa que implementa tecnología en todo el mundo, pero sus ingenieros de acá no estaban igualmente capacitados para impulsar y recomendar tecnología, por ende, no lo hacían.

Además, es necesario el concepto de partnership entre la empresa proveedora y las mineras más pequeñas.

P7: **¿Cree usted que es importante la implementación de tecnologías disruptivas en su operación?**

R7: Por supuesto, es muy importante para la organización, y es también muy importante que el CEO tenga una visión de tecnología a través de agregar valor con esto. Es importante que el Key stakeholder tenga esta visión.

5.1.3 Entrevista 3 – Gerente General de empresa proveedora de Tecnología para Mediana Minería Subterránea. 30 años de experiencia.

P1: **Favor indique su rol en cuanto a la interacción con tecnologías disruptivas en su organización (Usuario, Tomador de Decisión, Evaluador, Influenciador, Otro).**

R1: Otro: Vendedor e Implementador

P2: **¿Ha participado de algún proyecto con los siguientes tipos de tecnología? (Tele Operación / Operación Autónoma, LTE / 5G, Big DATA, Realidad Virtual / Realidad Aumentada, Robótica y Drones, Inteligencia Artificial / Marchine Learning, Ninguna de las anteriores):**

R2: Inteligencia Artificial / Marchine Learning

P3: Favor detalle brevemente el alcance del proyecto

R3: Representamos e implementamos un casco inteligente que tiene el objetivo de salvar la vida del minero, nace para hacer de un elemento de seguridad pasivo como es el casco, indispensable en la minería, un contenedor de una serie de sistemas que aumentan radicalmente la seguridad de los operarios. Este casco tiene la capacidad de:

1. Localización RTLS en exterior GPS
2. Localización RTLS en interior WIFI
3. Localización y acceso pasivo RFID
4. Sensor de gases (amplio espectro)
5. Sensores de impacto
6. Sensor de movimientos
7. Sensor de inclinación
8. Sensor de velocidad

9. Botón SOS
10. Alarmas de zona (entrada, salida o permanencias)
11. Comunicación bidireccional por mensajería de texto
12. Comunicación por voz en manos libres
13. Calculo de rutas y tiempos de ruta
14. Posibilidad de multiconferencia varios cascos y oficina
15. Carcasa Foto luminiscente 10 horas
16. Pantalla de información de posición de personas y vehículos en maquinaria pesada
17. Caja negra que guarda las alarmas
18. Interactivo e inteligente

P4: **¿Qué problemática se abordó con la implementación de esta tecnología disruptiva en su operación?**

R4: Ingreso para abordar dos problemáticas, primero la tecnología actual de identificación de personas dentro de la mina era manual, por medio de fichas que se dejaban en la entrada, esto hacia que el proceso de identificación de la ubicación del personal careciera de toda credibilidad, y al momento de una emergencia era un sistema inútil.

Segundo, el sistema de medición de gases que se utilizaba en la minera era poco confiable, debido a que los dispositivos eran manuales y nunca estaban al día en sus procesos de calibración.

P5: ¿Cuál ha sido el principal beneficio de esta implementación?

R5: La tecnología implementada hizo aumentar la seguridad de manera crítica. Hoy el sistema se usa para validar que en horarios de tronadura las personas que dicen estar fuera, estén realmente fuera. Además, post tronaduras pueden saber si

existen riesgos de gases peligrosos, y permite ingresar antes a la faena al tener medidos los índices de gases peligrosos.

La minera hizo un estudio de que si utilizaba full capacidad la tecnología disruptiva podía recuperar el 62% de las perdidas asumidas anualmente, esto debido a principalmente:

- Gracias a la comunicación mediante mensaje de texto a todos dentro y fuera de la mina se puede alertar de eventos importantes para que todos estén preparados en su puesto de trabajo (inspecciones, revisiones, etc).
- Gracias al aporte y aumento de la seguridad se pueden negociar bajadas de puntos en el seguro de accidente.
- Comunicación y traslado en caso de condición insegura laboral visto por operario (demora de 4 a 8 horas actualmente, este tiempo se suprimiría al reportar y actuar en segundos, no se para la faena).
- Comunicación y peticiones de material al exterior para operación, no es preciso salir (demoras = 0).
- Comunicaciones al cuarto de control respecto a finalización de tareas para producción.
- Cada máquina ve quien se mueve a su alrededor, puede incluso mandar mensaje de texto de advertencia; (menos accidentes = menos indemnizaciones & mejora del precio del seguro).

P6: **¿Cuáles fueron las mayores dificultades al momento de llevar a cabo este proyecto?**

R6: Desconocimiento y temor por parte de los usuarios, debido a que existe la intención de la alta dirección de hacerlo, y los costos no son prohibitivos.

P7: ¿Usted cree que existe resistencia de parte de los usuarios al momento de una implementación tecnológica?

En caso de su respuesta ser afirmativa, ¿Por qué?

R7: Si, existe resistencia al cambio y esto traba las cosas. Se piensa que estas implementaciones van a quitar puestos de trabajo, pero lo que no entienden es que eso les podría dar más tiempo para hacer otras labores de mayor labor y darles a ellos mayor calidad de vida.

Es importante manejar la resistencia al cambio desde el lado de la confianza, por ejemplo, una minera de la gran minería que implemento tecnologías disruptivas, motivo el uso de las mismas a través de premios y bonificaciones. En vez de castigar al usuario que no la quería usar, lo que hacían era trabajar con el y explicarle la importancia de esta tecnología para su seguridad, trabajaron educando al operador.

P8: **¿Cuál es la principal barrera que encuentra cuando se propone un proyecto con tecnología disruptiva? (Económica, Cultural, Organizacional, etc.)**

R8: En nuestro caso particular fue cultural y organizacional, ya que los operadores de la empresa no estaban preparados para este cambio.

Romper la barrera de la resistencia al cambio es la clave, ir por ese camino

P9: **¿Qué hace falta de parte de los proveedores de tecnología que han implementado exitosamente en otros polos mineros para repetir la fórmula en su mercado?**

R9: Apoyar con mejores prácticas y casos de estudio de como se ha hecho en otros lados. Aunque siempre hay que tener en cuenta el factor cultural, serviría por lo menos para sentar una línea base.

P10: **¿Cree usted que es importante la implementación de tecnologías disruptivas en su operación?**

R10: Si, es muy importante, los beneficios económicos y el avance de la operación en todo ámbito.

5.1.4 Entrevista 4 – Supervisor Eléctrico para Mediana Minería Subterránea. 4 años de experiencia.

P1: **Favor indique su rol en cuanto a la interacción con tecnologías disruptivas en su organización (Usuario, Tomador de Decisión, Evaluador, Influenciador, Otro).**

R1: Usuario

P2: **¿Ha participado de algún proyecto con los siguientes tipos de tecnología? (Tele Operación / Operación Autónoma, LTE / 5G, Big DATA, Realidad Virtual / Realidad Aumentada, Robótica y Drones, Inteligencia Artificial / Marchine Learning, Ninguna de las anteriores):**

R2: Big Data

P3: Favor detalle brevemente el alcance del proyecto

R3: Implementación de formularios digitales para reporte de actividades diarias.

Este reporte, en conjunto con cientos de otras fuentes de información, van a unas pantallas de data que permiten simplificar la toma de decisión para la operación.

P4: **¿Qué problemática se abordó con la implementación de esta tecnología disruptiva en su operación?**

R4: La falta de trazabilidad de las tareas. Los formatos físicos se perdían o eran poco precisos.

P5: ¿Cuál ha sido el principal beneficio de esta implementación?

R5: Minimizar tiempos. Tomar los datos con el formato manual era necesario poner todos los datos personales del trabajador, tomar fotos con otro dispositivo y adjuntarlos en un correo posterior, que se mojen los papeles y quedan ilegibles, etc.

Con el formato digital esta todo en solo dispositivo a prueba de agua, polvo y las condiciones mineras.

P6: **¿Cuáles fueron las mayores dificultades al momento de llevar a cabo este proyecto?**

R6: Que la tableta se dañe o se rompa y la cobren a nosotros. También que la información que guardemos en la tableta no se guarde y se piense que no se están haciendo las tareas.

P7: ¿Usted cree que existe resistencia de parte de los usuarios al momento de una implementación tecnológica?

En caso de su respuesta ser afirmativa, ¿Por qué?

R7: Si, por desconocimiento y desconfianza de la tecnología, Por poca educación o training en la herramienta. Por temor a ser reemplazado por esta tecnología.

P8: **¿Cuál es la principal barrera que encuentra cuando se propone un proyecto con tecnología disruptiva? (Económica, Cultural, Organizacional, etc.)**

R8: Cultural, en nuestro caso, van a haber robos de las tabletas, las personas creen que la tableta les pertenece a ellos.

P9: **¿Qué hace falta de parte de los proveedores de tecnología que han implementado exitosamente en otros polos mineros para repetir la fórmula en su mercado?**

R9: En nuestro caso la empresa proveedora si entrego herramientas, metodologías y un manual paso a paso de cómo implementar esta tecnología de manera exitosa. Sin embargo, la operación no tomo estas indicaciones al pie de la letra, por ende, hubo problemas en la implementación y puesta en marcha.

P10: **¿Cree usted que es importante la implementación de tecnologías disruptivas en su operación?**

R10: Si, es importante, porque la operación está creciendo y cada día hay más trabajo con la misma gente. Creemos que la tecnología nos puede ayudar a hacer el trabajo más rápido, e incluso hacer más con menos.

5.1.5 Entrevista 5 – Jefe de Ingeniería para Servicios Mineros Mediana Minera Subterránea. 8 años de experiencia.

P1: **Favor indique su rol en cuanto a la interacción con tecnologías disruptivas en su organización (Usuario, Tomador de Decisión, Evaluador, Influenciador, Otro).**

R1: Tomador de decisiones y Usuario

P2: **¿Ha participado de algún proyecto con los siguientes tipos de tecnología? (Tele Operación / Operación Autónoma, LTE / 5G, Big DATA, Realidad Virtual / Realidad Aumentada, Robótica y Drones, Inteligencia Artificial / Marchine Learning, Ninguna de las anteriores):**

R2: Big Data

P3: Favor detalle brevemente el alcance del proyecto

R3: Tiene que ver con registrar información de los signos vitales de los camiones y usamos esa información para obtener parámetros operacionales, además de la información automatizada proveniente de las personas que trabajan en interior de la mina. Otra fuente de información es la que proviene de un sensor volumétrico y del sistema SCADA, todo confluye en dahsboards operacionales con herramientas de BI con esta información depurada y lista para ser utilizada en la toma de decisiones.

P4: **¿Qué problemática se abordó con la implementación de esta tecnología disruptiva en su operación?**

R4: Principalmente en un inicio fue la descentralización de los datos, y las fuentes de información erróneas.

P5: ¿Cuál ha sido el principal beneficio de esta implementación?

R5: El equilibrio de los procesos, debido a que la tecnología solo es un medio, pero al utilizar tecnología más un modelo de gestión de cambio se logra la fórmula del éxito. Ahora, gracias a esta implementación tecnológica asigno los recursos necesarios para lo que me pide el proceso particular a controlar, no más ni menos.

P6: **¿Cuáles fueron las mayores dificultades al momento de llevar a cabo este proyecto?**

R6: La plana ejecutiva sabía del proyecto, pero lo veían como algo bonito de tener, no había una internalización de la idea. Con esto la principal dificultad fue que en un principio al no tener el apoyo de la alta gerencia fue muy difícil llevar echar a andar el proyecto. Otra dificultad importante fue cuantificar el impacto desde el punto de vista económico que la inversión en tecnología iba a tener para la operación.

P7: ¿Usted cree que existe resistencia de parte de los usuarios al momento de una implementación tecnológica?

En caso de su respuesta ser afirmativa, ¿Por qué?

R7: Hay resistencia, principalmente por costumbre, a las personas les cuesta salir de cómo hacen las cosas normalmente, y ante algo nuevo siempre existe el temor. Ese temor los lleva a rechazar cosas nuevas.

También se observa que las personas a mayor edad son más resistentes.

Otra razón es que, si nadie les indica que la tecnología debe ser utilizada y el propósito comunicado de manera clara desde la alta dirección, simplemente no se usa.

P8: **¿Cuál es la principal barrera que encuentra cuando se propone un proyecto con tecnología disruptiva? (Económica, Cultural, Organizacional, etc.)**

R8: La principal barrera es económica, y el desafío de como yo aterrizo y le saco valor a esta tecnología. Si no hay una idea clara de cómo la tecnología se va a rentabilizar, es difícil que la idea tome vuelo.

P9: **¿Qué hace falta de parte de los proveedores de tecnología que han implementado exitosamente en otros polos mineros para repetir la fórmula en su mercado?**

R9: Que el proveedor entienda al cliente, y que ellos demuestren el valor de la tecnología, no se puede usar el mismo acercamiento que en los polos mineros más tecnologizados. Debe haber un esfuerzo adicional del proveedor de educar al cliente, acompañarlo y mostrarle el beneficio económico.

P10: **¿Cree usted que es importante la implementación de tecnologías disruptivas en su operación?**

R10: A mí me gusta la tecnología, pero creo que implementar tecnología disruptiva porque si no aplica, debe atacar una necesidad, debemos saber a qué parte del proceso lo podemos aplicar, ya que si no es aplicable a mis procesos no agrega valor. Sin aplicación concreta, mejor no meternos en tecnologías disruptivas.

5.1.6 Entrevista 6 – Ingeniero de Procesos Mina Mediana Minera Subterránea. 4 años de experiencia.

P1: **Favor indique su rol en cuanto a la interacción con tecnologías disruptivas en su organización (Usuario, Tomador de Decisión, Evaluador, Influenciador, Otro).**

R1: Otro: Early Adopter, evangelizador, tomador de decisión, influenciador y usuario.

P2: **¿Ha participado de algún proyecto con los siguientes tipos de tecnología? (Tele Operación / Operación Autónoma, LTE / 5G, Big DATA, Realidad Virtual / Realidad Aumentada, Robótica y Drones, Inteligencia Artificial / Marchine Learning, Ninguna de las anteriores):**

R2: IA – Machine Learning.

P3: Favor detalle brevemente el alcance del proyecto

R3: Proyecto de Granulometría, para medición de la calidad de la roca post tronadura, para clasificar de manera automática las imágenes obtenidas a través de análisis de imágenes, para posterior procesamiento de las mismas con técnicas de inteligencia artificial. Con el objetivo de hacer más eficiente y efectiva la clasificación del mineral.

P4: **¿Qué problemática se abordó con la implementación de esta tecnología disruptiva en su operación?**

R4: Varias problemáticas se abordaron, primero era que existía una semana de demora en obtener los resultados de granulometría, también elimina la variabilidad del proceso, debido a que suprime los sesgos de análisis dependientes de la expertis de la persona que realizaba la clasificación, con esto se aumentó la eficacia, le da confiabilidad de resultados y reduce tiempos de entrega.

P5: ¿Cuál ha sido el principal beneficio de esta implementación?

R5: Eliminar la variabilidad o el sesgo humano del análisis, y ser consistentes en el análisis sin depender de la expertis de los analistas. Esto genera un beneficio

económico grande, al tener las mediciones de manera correcta permite hacer mejores análisis de las estrategias de perforación y tronadura, y por ende permite ahorrar tanto en re trabajo posterior, menos desgaste de los equipos, y utilización del tipo y cantidad justa de explosivos.

P6: **¿Cuáles fueron las mayores dificultades al momento de llevar a cabo este proyecto?**

R6: Primero en que creyeran que un software pudiera hacer una mejor clasificación que los expertos con años de análisis de campo. Segundo, la resistencia de la empresa que proveía los elementos de tronadura, ya que de cierta forma esto les cuestionaba su trabajo.

P7: ¿Usted cree que existe resistencia de parte de los usuarios al momento de una implementación tecnológica?

En caso de su respuesta ser afirmativa, ¿Por qué?

R7: Claramente sí, porque naturalmente como humanos tenemos resistencia al cambio, sobre todo cuando estamos cómodos en la manera de hacer las cosas. En minería, además de ser mucho más resistente que otros mercados, cuesta mucho que crean que la tecnología no asociada a un equipo extractivo vaya a generar algún beneficio.

Es importante primero entrar en una etapa de convencimiento de la tecnología, donde debemos trabajar en demostrarle al usuario el valor de la tecnología. Una vez saltada esta valla, hay un alto porcentaje de gente que empieza a adherir, pero casi todos requieren pasar por este proceso.

Para los usuarios al momento de implementar tecnología siempre va a ser ver para creer, y una vez que ven, deben encontrar un valor mayor en la tecnología a como hacen las cosas hoy. El usuario verá la tecnología y dirá: “Muy bien, funciona, ahora, ¿porque yo debería cambiar la forma en la que hago mi proceso?, por algo que me va a costar más entender, si lo que yo hago ya funciona”

Otro tema que ayuda a sortear la resistencia es poder incorporar al área de tecnologías de información como parte del *core bussiness* del negocio, y no solamente como un área de apoyo.

P8: **¿Cuál es la principal barrera que encuentra cuando se propone un proyecto con tecnología disruptiva? (Económica, Cultural, Organizacional, etc.)**

R8: Cuando se propone la tecnología es económica, cuando se implementa es cultural.

P9: **¿Qué hace falta de parte de los proveedores de tecnología que han implementado exitosamente en otros polos mineros para repetir la fórmula en su mercado?**

R9: Lo que hace falta es que los proveedores se comprometan en un partnership real, no una venta y salir. Un partnership donde en conjunto se van descubriendo cosas y vamos evolucionando los sistemas en conjunto. Esto es muy importante, ya que es muy difícil que los sistemas que se ofrecen van a ser 100% aplicables e implementables a una operación en particular.

Importante es también que las tecnologías que ofrecen no sean propietarias, que sean estándar y abiertas para poder integrar y re utilizar lo que ya está en la operación.

P10: **¿Cree usted que es importante la implementación de tecnologías disruptivas en su operación?**

R10: Si, clave, siempre es importante, y para cualquier línea de negocio de la minería, ya que nosotros creemos en la premisa de que siempre se puede mejorar.

Nuevamente, en minería en muy difícil implementar tecnología que no vaya directamente relacionada a los equipos extractivos. Y como operación podemos agregar mucho valor desde la implementación de tecnologías básicas, y más aun con tecnologías disruptivas.

Como empresa de la mediana minería subterránea chilena, y con los precios que el cobre está experimentando de manera sostenida, aumentar la productividad es urgente para poder mantenerse en el mercado, y creo que a través de la implementación de tecnologías, no necesariamente asociadas a los equipos extractivos, se puede lograr esto sin problema.

Para lograr este objetivo mucho tiene que ver la apertura de la alta gerencia para que crea y apueste por este camino, y no solo de manera superflua, sino que constante a través del tiempo, con mecanismos y metodologías claras como gestión del cambio.

Ante una implementación disruptiva de tecnología, la gestión del cambio es lo más importante, ya que, desde el punto de vista de la tecnología, existen muchas compañías que saben cómo implementar y que son expertas en eso, pero desde nuestro lado debemos saber qué problema queremos resolver, y debemos identificar el cómo traspasar a la gente buena que opera en la forma tradicional de hacer las cosas, a gente buena en la nueva forma tecnologizada de hacer las cosas.

5.1.7 Entrevista 7 – Jefe de Tecnología Mediana Minera Subterránea. 10 años de experiencia.

P1: **Favor indique su rol en cuanto a la interacción con tecnologías disruptivas en su organización (Usuario, Tomador de Decisión, Evaluador, Influenciador, Otro).**

R1: Tomador de decisión e influenciador

P2: **¿Ha participado de algún proyecto con los siguientes tipos de tecnología? (Tele Operación / Operación Autónoma, LTE / 5G, Big DATA, Realidad Virtual / Realidad Aumentada, Robótica y Drones, Inteligencia Artificial / Marchine Learning, Ninguna de las anteriores):**

R2: Sistema Experto – Inteligencia Artificial – Machine Learning

P3: Favor detalle brevemente el alcance del proyecto

R3: Sistema que se implementó en la planta que permite monitorear la espuma del relave a través de cámaras que se incorporan en las celdas de flotación, las cámaras van viendo cómo se comporta la espuma, y a través de un sistema experto va agregando componentes para hacer más efectiva esta tarea y evitar los derrames.

P4: **¿Qué problemática se abordó con la implementación de esta tecnología disruptiva en su operación?**

R4: La problemática fundamental es que generalmente había importante derrame de mineral en el proceso de generación del fino, aunque existía un recurso humano mirando este proceso 24x7 para indicar que se parara el proceso de ser necesario, los derrames ocurrían igual. Había perdidas y poca recuperación del mineral.

P5: ¿Cuál ha sido el principal beneficio de esta implementación?

R5: El beneficio directo es que no hay derrame de mineral, lo que genera mayor eficiencia y evita perdida de mineral, lo que es perdida de dinero.

P6: **¿Cuáles fueron las mayores dificultades al momento de llevar a cabo este proyecto?**

R6: La mayor dificultad fue encontrar un proveedor capaz de entregar la solución requerida.

P7: ¿Usted cree que existe resistencia de parte de los usuarios al momento de una implementación tecnológica?

En caso de su respuesta ser afirmativa, ¿Por qué?

R7: Si, desde el punto de vista del profesional, cuesta que el profesional operativo entienda que la tecnología va en su directo beneficio y del proceso en sí. En nuestra operación hay mucho operador que tiene una práctica adoptada que le cuesta cambiarla, especialmente en la mina subterránea.

P8: **¿Cuál es la principal barrera que encuentra cuando se propone un proyecto con tecnología disruptiva? (Económica, Cultural, Organizacional, etc.)**

R8: Cultural principalmente, relacionado a lo indicado en la respuesta anterior. Segundo encontrar un proveedor potente en lo que se requiere. Y en tercer lugar lo económico, ya que siempre existe un presupuesto acotado, no como en la gran minería subterránea, Teniente y Chuqui (sic).

P9: **¿Qué hace falta de parte de los proveedores de tecnología que han implementado exitosamente en otros polos mineros para repetir la fórmula en su mercado?**

R9: El proveedor debe entender al cliente en su todo. En su cultura, en el requerimiento, en su contexto total.

P10: **¿Cree usted que es importante la implementación de tecnologías disruptivas en su operación?**

R10: Por supuesto, absolutamente. Por varios motivos, primero te permite ser eficiente y eficaz, segundo implementando tecnología bien llevada te debería

generar ahorros, deberíamos ser más productivos y liberar HH de operadores para labores de más valor para la operación.

5.1.8 Entrevista 8 – Supervisor de IT mediana minera subterránea. 4 años de experiencia.

P1: **Favor indique su rol en cuanto a la interacción con tecnologías disruptivas en su organización (Usuario, Tomador de Decisión, Evaluador, Influenciador, Otro).**

R1: Evaluador e Implementador

P2: **¿Ha participado de algún proyecto con los siguientes tipos de tecnología? (Tele Operación / Operación Autónoma, LTE / 5G, Big DATA, Realidad Virtual / Realidad Aumentada, Robótica y Drones, Inteligencia Artificial / Marchine Learning, Ninguna de las anteriores):**

R2: Ninguna de las Anteriores

P3: ¿Por qué aún no se han embarcado en proyectos que involucren este tipo de tecnologías?

R3: Principalmente organizacionales y económicos, ya que aparte de que hoy no hay asignados presupuestos para las tecnologías mencionadas en el proceso mina, la organización tampoco ve como una alternativa de mejora a estas.

P4: ¿Usted cree que existe resistencia de parte de los usuarios al momento de una implementación tecnológica?

En caso de su respuesta ser afirmativa, ¿Por qué?

R4: Si, y nosotros hemos identificado que existen dos tipos de usuarios. Primero, el usuario que está más dispuesto a adoptar la tecnología para facilitar y optimizar sus procesos, este tipo de usuario normalmente es más joven, de una edad promedio de 35 años o menor, que desde que ingreso a la vida laboral viene familiarizado con la tecnología. Este tipo de usuario es mucho más propenso a adoptar la tecnología.

El segundo tipo de usuario que hemos identificado es mayor, por encima de los 45 años, con perfil de operador, quien nació y creció en la mina, sin tecnología, hasta que de pronto se vio enfrentado a ellas por definición de la operación, cuando ya

tenía más de 15 años operando de la misma forma. Este tipo de usuario es más difícil que modifique su estructura mental y se adapte a la nueva tecnología, este es el tipo de usuario que siempre le busca un pero a la tecnología, y que va a insistir que la forma antigua de hacer las cosas era mejor, hasta que se demuestre lo contrario. Es en estos tipos de usuarios donde deberíamos hacer hincapié con procesos de adopción de tecnología y gestión del cambio.

P5: **¿Cuál es la principal barrera que encuentra cuando se propone un proyecto con tecnología disruptiva? (Económica, Cultural, Organizacional, etc.)**

R5: La principal barrera es organizacional y cultural, hoy en día queremos proponer la adopción de tecnología como una de las formas más optimas de mejorar nuestros procesos, pero al momento de diseñar una y plantear una propuesta, en vez de sentirnos apalancados y apoyados por la alta dirección sentimos que todo hay que irlo sobre justificando, ya que no creen en la tecnología. Esto hace la implementación de tecnologías disruptivas cuesta arriba, ya que por mucho que justifiquemos a la tecnología, busquemos casos de éxito y demostremos el valor de la misma, siempre se cuestiona, y esta el pensamiento de que esto no va a funcionar en nuestra organización, ya que somos diferentes, tenemos otra mentalidad, otros recursos, etc.

Adicionalmente, y en línea con la respuesta anterior, hoy los líderes de nuestra organización son personas mayores de 50 años, que necesitan primero convencerse de que la tecnología no es un ocio o distracción, para luego convencerlos de que la propuesta tecnológica efectivamente si va a mejorar el proceso minero.

P6: **¿Qué hace falta de parte de los proveedores de tecnología que han implementado exitosamente en otros polos mineros para repetir la fórmula en su mercado?**

R6: Apoyo y partnership, tanto en la educación de los beneficios de la tecnología hasta financiamiento y formas atractivas de pago para implementar.

P7: **¿Cree usted que es importante la implementación de tecnologías disruptivas en su operación?**

R7: Claro que son necesarias e importantes, y creo que estamos en un punto en donde estamos a punto de saltar a una minería más digitalizada, a la era de la digitalización en la mediana minería subterránea, y solo nos queda subirnos al barco. El reto es cambiar las mentalidades y convencer a la organización de que estos cambios son hoy, y no en 10 años más, donde será tarde y perderemos ventajas competitivas.

5.1.9 Entrevista 9 – Ingeniero de Procesos Mediana Minera Subterránea. 10 años de experiencia.

P1: **Favor indique su rol en cuanto a la interacción con tecnologías disruptivas en su organización (Usuario, Tomador de Decisión, Evaluador, Influenciador, Otro).**

R1: Evaluador e Influenciador

P2: **¿Ha participado de algún proyecto con los siguientes tipos de tecnología? (Tele Operación / Operación Autónoma, LTE / 5G, Big DATA, Realidad Virtual / Realidad Aumentada, Robótica y Drones, Inteligencia Artificial / Marchine Learning, Ninguna de las anteriores):**

R2: Ninguna de las Anteriores

P3: ¿Por qué aún no se han embarcado en proyectos que involucren este tipo de tecnologías?

R3: Se han propuesto internamente pero no se ha procedido con este tipo de tecnologías por temas presupuestales.

P4: ¿Usted cree que existe resistencia de parte de los usuarios al momento de una implementación tecnológica?

En caso de su respuesta ser afirmativa, ¿Por qué?

R4: Si, lo que hemos visto en nuestro caso es que se da más en generaciones más antiguas por una costumbre de hacer las cosas de una forma tradicional.

P5: **¿Cuál es la principal barrera que encuentra cuando se propone un proyecto con tecnología disruptiva? (Económica, Cultural, Organizacional, etc.)**

R5: Por ahí falta de información/capacitación más permanente y didáctica

generalmente no se explica bien cómo funcionan los cambios.

P6: **¿Qué hace falta de parte de los proveedores de tecnología que han implementado exitosamente en otros polos mineros para repetir la fórmula en su mercado?**

R6: Acompañamiento a la hora de implementar una tecnología de este tipo, creo que muchas veces este tipo de implementación fracasan porque tanto el mandante como el proveedor no tienen un plan de implementación de tecnologías disruptivas.

P7: **¿Cree usted que es importante la implementación de tecnologías disruptivas en su operación?**

R7: Siempre es importante implementar nuevas tecnologías en las operaciones que mejoren los procesos y la calidad del ambiente laboral.

5.1.10 Entrevista 10 – Superintendente de Mantenimiento Mediana Minera Subterránea. 20 años de experiencia.

P1: **Favor indique su rol en cuanto a la interacción con tecnologías disruptivas en su organización (Usuario, Tomador de Decisión, Evaluador, Influenciador, Otro).**

R1: Evaluador, Influenciador y Tomador de Decisión.

P2: **¿Ha participado de algún proyecto con los siguientes tipos de tecnología? (Tele Operación / Operación Autónoma, LTE / 5G, Big DATA, Realidad Virtual / Realidad Aumentada, Robótica y Drones, Inteligencia Artificial / Marchine Learning, Ninguna de las anteriores):**

R2: Ninguna de las Anteriores

P3: ¿Por qué aún no se han embarcado en proyectos que involucren este tipo de tecnologías?

R3: Tenemos en carpeta comenzar una implementación y pruebas de LTE en interior mina, pero aún no está definido. En nuestro caso las decisiones de implementar este tipo de tecnologías se toman a nivel corporativo (Canadá), y por el momento no se han definido los lineamientos.

P4: ¿Usted cree que existe resistencia de parte de los usuarios al momento de una implementación tecnológica?

En caso de su respuesta ser afirmativa, ¿Por qué?

R4: - Así es, siempre hay resistencias, ya que por naturaleza humana siempre presentamos miedo a lo desconocido, en relación a implementación de tecnología, totalmente, ya que actualmente la alfabetización tecnológica es demasiado, por tanto, siempre hay miedo a optimizar procesos cuando hay personas involucradas.

Es por los miedos a los cambios y a paradigmas no controlados, como, por ejemplo: Nos quieren reemplazar ¡!!, Nos quieren despedir ¡!!, etc., es decir, para realizar estos cambios se requiere manejar una buena gestión del cambio.

P5: **¿Cuál es la principal barrera que encuentra cuando se propone un proyecto con tecnología disruptiva? (Económica, Cultural, Organizacional, etc.)**

R5: Generalmente cuando se propone una tecnología disruptiva, a diferencia de la implementación de una tecnología tradicional es totalmente diferente en relación a resistencias o barreras, esto debido a que cuando estas tecnologías irrumpen son tan rápidas que no dan posibilidades de generar resistencias o de madurar "anticuerpos culturales" a su implementación, por tanto una de las ventajas que creo son importantes en estas tecnologías es la que dice "no lo vi venir", hasta cuando ya están instaladas y operativas.

P6: **¿Qué hace falta de parte de los proveedores de tecnología que han implementado exitosamente en otros polos mineros para repetir la fórmula en su mercado?**

R6: Proponer pilotos o demos para ir introduciendo la tecnología disruptiva en fases o paso a paso.

P7: **¿Cree usted que es importante la implementación de tecnologías disruptivas en su operación?**

R7: Probablemente esta sea una de las preguntas más difíciles de responder, ya que debido a que son "Tecnologías más nuevas", no están probadas en ambientes generales, por tanto, podrían generarse muchas resistencias naturales, pero a nivel mandos medios en relación a paradigmas de costos de inversión y resultados potenciales de operación.

5.1.11 Entrevista 11 – Administrador de Contrato Mediana Minera Subterránea. 8 años de experiencia.

P1: **Favor indique su rol en cuanto a la interacción con tecnologías disruptivas en su organización (Usuario, Tomador de Decisión, Evaluador, Influenciador, Otro).**

R1: Evaluador e Influenciador

P2: **¿Ha participado de algún proyecto con los siguientes tipos de tecnología? (Tele Operación / Operación Autónoma, LTE / 5G, Big DATA, Realidad Virtual / Realidad Aumentada, Robótica y Drones, Inteligencia Artificial / Marchine Learning, Ninguna de las anteriores):**

R2: Ninguna de las Anteriores

P3: ¿Por qué aún no se han embarcado en proyectos que involucren este tipo de tecnologías?

R3: Decisiones corporativas, ya sea por priorizar otros proyectos y por temas de presupuesto.

P4: ¿Usted cree que existe resistencia de parte de los usuarios al momento de una implementación tecnológica?

En caso de su respuesta ser afirmativa, ¿Por qué?

R4: En algunos casos si existe resistencia en la implementación de tecnologías, por miedo a perder su puesto de trabajo, un caso muy preocupante, y que les da cierta razón al preocuparse, es el de los choferes que operan camiones de alto tonelaje, que están siendo remplazados por un comando a control remoto del camión, en vez de ser re capacitados por la compañía.

P5: **¿Cuál es la principal barrera que encuentra cuando se propone un proyecto con tecnología disruptiva? (Económica, Cultural, Organizacional, etc.)**

R5: Yo creo que la principal barrera es dejar de hacer las cosas como se hacen y uno está acostumbrado. Todos estos cambios se enfocan en mejor producción, seguridad y cuidar el medio ambiente.

P6: **¿Qué hace falta de parte de los proveedores de tecnología que han implementado exitosamente en otros polos mineros para repetir la fórmula en su mercado?**

R6: Educar al proveedor tanto en la óptima utilización de la tecnología, como en proponer re capacitar a los operarios actuales. En base a la experiencia en otros lugares del mundo (y alineado con nuestra cultura) indicar que perfiles de personas pueden tomar otros roles con la tecnología.

P7: **¿Cree usted que es importante la implementación de tecnologías disruptivas en su operación?**

R7: Yo creo que sí. Las nuevas tecnologías pueden maximizar algunos procesos y dar mejores resultados.

5.1.12 Entrevista 12 – Jefe de Electricidad Mediana Minera Subterránea. 5 años de experiencia.

P1: **Favor indique su rol en cuanto a la interacción con tecnologías disruptivas en su organización (Usuario, Tomador de Decisión, Evaluador, Influenciador, Otro).**

R1: Evaluador y Tomador de Decisión.

P2: **¿Ha participado de algún proyecto con los siguientes tipos de tecnología? (Tele Operación / Operación Autónoma, LTE / 5G, Big DATA, Realidad Virtual / Realidad Aumentada, Robótica y Drones, Inteligencia Artificial / Marchine Learning, Ninguna de las anteriores):**

R2: Ninguna de las Anteriores

P3: ¿Por qué aún no se han embarcado en proyectos que involucren este tipo de tecnologías?

R3: Netamente debido a que nuestra operación aún está en etapa de factibilidad ambiental, planificando la construcción de la mina para mediados de 2020.

P4: ¿Usted cree que existe resistencia de parte de los usuarios al momento de una implementación tecnológica?

En caso de su respuesta ser afirmativa, ¿Por qué?

R4: Si, la resistencia de los usuarios dependerá mucho de algunos factores, algunos propios de la persona, otros de cómo la compañía acompañe al trabajador en la implementación de tecnología. Hay temas de edad, de aversión a la tecnología, de que tan amigable sea la tecnología a implementar, del plan de la empresa para la implementación de la misma, etc.

P5: **¿Cuál es la principal barrera que encuentra cuando se propone un proyecto con tecnología disruptiva? (Económica, Cultural, Organizacional, etc.)**

R5: En nuestro caso todavía no se están evaluando ninguna de estas alternativas desde el punto de vista económico. Si estamos considerando implementar tecnología de tipo disruptiva en el futuro, estamos evaluando equipos robot para exploración de zonas peligrosas, y queremos partir por el tema cultural, donde creemos que será nuestra barrera más compleja de sortear.

P6: **¿Qué hace falta de parte de los proveedores de tecnología que han implementado exitosamente en otros polos mineros para repetir la fórmula en su mercado?**

R6: Para operaciones como las nuestras, donde cualquier tipo de implementación tecnológica disruptiva se hace muy difícil de justificar desde el punto de vista económico ante la alta gerencia, sería muy bueno que los proveedores vinieran con planes de financiamiento tecnológico para apoyar.

P7: **¿Cree usted que es importante la implementación de tecnologías disruptivas en su operación?**

R7: Por supuesto, porque las leyes del mineral están bajando, las distancias de acarreo desde el frente de producción hasta las plantas de proceso se están alargando, porque las minas están cada vez más profundas. También las tasas de reemplazo de reservas de mineral están en declive y los tiempos de desarrollo de nuevas minas se han extendido, por todos los procesos que involucran, y es a través de soluciones digitales y tecnológicas donde se pueden encontrar alternativas para mejorar los índices de productividad.

También la seguridad se puede incrementar en las faenas gracias a las tecnologías disruptivas, así como también la sustentabilidad de la actividad minera.

5.1.13 Entrevista 13 – Encargado de Informática Mediana Minera Subterránea. 3 años de experiencia.

P1: **Favor indique su rol en cuanto a la interacción con tecnologías disruptivas en su organización (Usuario, Tomador de Decisión, Evaluador, Influenciador, Otro).**

R1: Evaluador

P2: **¿Ha participado de algún proyecto con los siguientes tipos de tecnología? (Tele Operación / Operación Autónoma, LTE / 5G, Big DATA, Realidad Virtual / Realidad Aumentada, Robótica y Drones, Inteligencia Artificial / Marchine Learning, Ninguna de las anteriores):**

R2: Ninguna de las Anteriores

P3: ¿Por qué aún no se han embarcado en proyectos que involucren este tipo de tecnologías?

R3: Aunque hemos evaluado tecnologías de esta índole en el pasado, y presentado a la alta gerencia con evidencia de que funciona la implementación de estas en otras minas del mismo mercado, las decisiones se entrampan no solo en la evaluación económica, sino que también en todo lo que significa desde el punto de vista del cambio organizacional.

P4: ¿Usted cree que existe resistencia de parte de los usuarios al momento de una implementación tecnológica?

En caso de su respuesta ser afirmativa, ¿Por qué?

R4: Si, absolutamente, no solo porque les genera incertidumbre el pensar que dejan de ser útiles para la compañía, y que serán reemplazados, sino que también, el hecho de tener que aprender la utilización de las mismas y sacarlos de su zona de confort, esto les genera mucha incertidumbre y puede generar rechazo y pánico colectivo.

P5: **¿Cuál es la principal barrera que encuentra cuando se propone un proyecto con tecnología disruptiva? (Económica, Cultural, Organizacional, etc.)**

R5: Principalmente económica y cultural. Económica por los altos costos que esto puede implicar para una operación como la nuestra, gastos recurrentes e inversión en el tiempo, y cultural debido a la resistencia al cambio de ciertos usuarios que desconfían que una maquina pueda hacer mejor el trabajo que ellos que “escuchan y sienten el cerro”.

P6: **¿Qué hace falta de parte de los proveedores de tecnología que han implementado exitosamente en otros polos mineros para repetir la fórmula en su mercado?**

R6: Proponer pilotos para que el usuario pueda probar los equipos antes de embarcarse en una apuesta económica.

P7: **¿Cree usted que es importante la implementación de tecnologías disruptivas en su operación?**

R7: Por supuesto, con la implementación de tecnologías de este tipo, se puede hacer mejor trazabilidad de los datos de manera transversal en la operación, un ejemplo, la persona de mantenimiento puede estar al tanto de lo que ocurre con un vehículo del área de operación, y estar preparado para atender una posible falla de manera más rápida, con esto perder menos horas de producción y ser más eficientes.

5.1.14 Entrevista 14 – VP Ejecutivo Mediana Minera Subterránea. 23 años de experiencia.

P1: **Favor indique su rol en cuanto a la interacción con tecnologías disruptivas en su organización (Usuario, Tomador de Decisión, Evaluador, Influenciador, Otro).**

R1: Tomador de decisión

P2: **¿Ha participado de algún proyecto con los siguientes tipos de tecnología? (Tele Operación / Operación Autónoma, LTE / 5G, Big DATA, Realidad Virtual / Realidad Aumentada, Robótica y Drones, Inteligencia Artificial / Marchine Learning, Ninguna de las anteriores):**

R2: Tele operación u Operación Autónoma.

P3: Favor detalle brevemente el alcance del proyecto

R3: Implementación de sistema de scoops tele operados y camiones autónomos

P4: **¿Qué problemática se abordó con la implementación de esta tecnología disruptiva en su operación?**

R4: La disminución de leyes y aumentos de costos sólo pueden ser compensados con un aumento de productividad, y para esto es fundamental aplicar automatización de vehículos que puedan operar 24 x 7 x 365.

P5: ¿Cuál ha sido el principal beneficio de esta implementación?

R5: Una operación más productiva y más segura, con un mínimo de gente arriesgándose dentro de la mina

P6: **¿Cuáles fueron las mayores dificultades al momento de llevar a cabo este proyecto?**

R6: Una organización poco preparada para los cambios que significa implementar una tecnología disruptiva como la que aplicamos.

P7: ¿Usted cree que existe resistencia de parte de los usuarios al momento de una implementación tecnológica?

En caso de su respuesta ser afirmativa, ¿Por qué?

R7: Si, pero si es bien abordada, con trabajos de talleres 0 como le llamábamos nosotros, donde se involucra al usuario incluso antes de que se implemente la tecnología, esta puede ser bien integrada y recibida.

P8: **¿Cuál es la principal barrera que encuentra cuando se propone un proyecto con tecnología disruptiva? (Económica, Cultural, Organizacional, etc.)**

R8: Para nuestra operación fue económica, pero proyectamos hacer inversión de más largo plazo, con nueva tecnología, que nos va a dar la sustentabilidad económica para el futuro.

P9: **¿Qué hace falta de parte de los proveedores de tecnología que han implementado exitosamente en otros polos mineros para repetir la fórmula en su mercado?**

R9: Ser un verdadero partner de largo aliento para la implementación de tecnologías.

P10: **¿Cree usted que es importante la implementación de tecnologías disruptivas en su operación?**

R10: Claro, siempre y cuando estas sean para el beneficio económico y generen retornos, en donde la tecnología se pague sola.

5.1.15 Entrevista 15 – Gerente de Mantenimiento Mediana Minera Subterránea. 18 años de experiencia.

P1: **Favor indique su rol en cuanto a la interacción con tecnologías disruptivas en su organización (Usuario, Tomador de Decisión, Evaluador, Influenciador, Otro).**

R1: Tomador de decisión y usuario.

P2: **¿Ha participado de algún proyecto con los siguientes tipos de tecnología? (Tele Operación / Operación Autónoma, LTE / 5G, Big DATA, Realidad Virtual / Realidad Aumentada, Robótica y Drones, Inteligencia Artificial / Marchine Learning, Ninguna de las anteriores):**

R2: Big Data – Machine Learning.

P3: Favor detalle brevemente el alcance del proyecto

R3: Durante los últimos seis años y medio hemos recopilado más de 10 mil millones de puntos de datos usando diferentes sensores y queríamos ver que podíamos hacer con esto para agregar valor a la operación. Ante esto aplicamos herramientas de visualización que nos permite monitorear los equipos en tiempo real y tomar decisiones proactivas y predictivas para aumentar productividad.

P4: **¿Qué problemática se abordó con la implementación de esta tecnología disruptiva en su operación?**

R4: Grandes cantidades de datos, sin un orden o un sentido. Además, no teníamos las herramientas adecuadas para visualización.

P5: ¿Cuál ha sido el principal beneficio de esta implementación?

R5: Al poder predecir cuando los motores van a fallar y poder reemplazarlos a tiempo, nos provee ahorros económicos y mayores tiempos de producción de los equipos. Esta implementación le dio al departamento de mecánica la capacidad de solucionar problemas con sus equipos, incluso antes de que esos problemas se convirtieran en fallas críticas

P6: **¿Cuáles fueron las mayores dificultades al momento de llevar a cabo este proyecto?**

R6: Encontrar un proveedor que estuviera a la altura del desafío, ya que nuestro proyecto requería que el proveedor tuviera, además de los conocimientos mineros, el conocimiento de las matemáticas, y lo más importante debía tener la capacidad de manejar el tamaño y la calidad de los datos que se iban a obtener al usar el sistema.

P7: ¿Usted cree que existe resistencia de parte de los usuarios al momento de una implementación tecnológica?

En caso de su respuesta ser afirmativa, ¿Por qué?

R7: Si, en nuestro caso ocurrió que los expertos no creían que un sistema pudiese saber más que ellos, que tenían años de estudio y experiencia, y se resistían a usar el sistema. Nosotros tratamos de involucrarlos en cada etapa del proceso de implementación, y les mostramos el valor de como su experiencia podía ayudar a este nuevo sistema a ser mejor cada día.

P8: **¿Cuál es la principal barrera que encuentra cuando se propone un proyecto con tecnología disruptiva? (Económica, Cultural, Organizacional, etc.)**

R8: En nuestro caso fue principalmente económica. Nuestra empresa tiene aplicado un Modelo de Excelencia Operacional para trabajar, el cual es un estándar implementado hace tres años en la empresa con el objetivo de reducir costos, acrecentar la productividad y apoyar a las personas en la gestión de cambios organizacionales.

P9: **¿Qué hace falta de parte de los proveedores de tecnología que han implementado exitosamente en otros polos mineros para repetir la fórmula en su mercado?**

R9: Soporte Post Venta, y que los softwares y hardware que proveen se acomoden a los requerimientos de la mina.

P10: **¿Cree usted que es importante la implementación de tecnologías disruptivas en su operación?**

R10: De todas maneras, con metodologías para adopción y con tecnologías bien implementadas, se puede ahorrar costos y aumentar productividad en corto tiempo, lo que permite un ROI muy interesante de cada proyecto que involucra tecnología, lo que hace más fácil de venderlo internamente.

5.2 Listado de Mineras Medianas Subterráneas en Chile

1- **Mina Pampa Camarones**: Mina y Planta LX-SX-EW para la extracción y procesamiento de minerales de cobre, perteneciente a Minera Pampa Camarones. Ubicada en la provincia de Arica y Parinacota. Pasta principal Cobre. 8.500 toneladas de cobre fino x año. 450 empleados directos

2- **Mina Las Luces**: Mina y planta de concentración para producir concentrado de cobre, perteneciente a Minera Las Cenizas. Ubicada en la provincia de Antofagasta. Pasta principal Cobre. 16.000 Toneladas de Cobre fino x año. 350 personas contratadas directo.

3- **Minera Diego de Almagro** (No en Producción aun, estimado 2021): Proyecto de mina y plantas para obtener concentrado y cátodos de cobre, perteneciente a Cía. Minera Sierra Norte. Ubicada en la provincia de Atacama. Pasta principal Cobre. 35.000 Toneladas de Cobre Fino proyectadas por año. 560 personas contratadas.

4- **Minera Atacama Kozan**: Mina y planta de procesamiento para producir concentrado de cobre, perteneciente a SCM Atacama Kozan. Ubicada en la provincia de Atacama. Pasta principal Cobre. 12.500 Toneladas por año. 340 empleados directos.

5- **Minera Candelaria Norte y Ojos del Salado**: Mina y planta de concentración para producir concentrado de cobre, perteneciente a Lundin Mining. Ubicada en la provincia de Atacama. Pasta principal Cobre.

6- **Minera Pucobre**: Cuenta con aproximadamente 940 trabajadores propios, más unos 300 contratistas. Tiene 3 faenas ubicadas en Tierra Amarilla, Copiapó, Región de Atacama, las cuales son Punta del Cobre, Mantos de Cobre y Granate. Además, cuenta con las plantas de San José (flotación) y Biocobre (SX EW). Procesa unas 40.000 toneladas de cobre fino por mes.

7- **Minera Carola**: El Grupo CAROLA - COEMIN está conformado por capitales 100% chilenos, y se dedica a la extracción de mineral y producción de concentrados de Cobre, Oro y Plata. El mineral se extrae de Mina Carola y posteriormente se procesa en Planta Cerrillos, en la que se produce el concentrado que luego es maquilado en la Fundición Hernán Videla Lira de

ENAMI. El Grupo en la actualidad da trabajo a 1.100 personas, todas ellas de la Región de Atacama y especialmente de la comuna de Tierra Amarilla.

8- **Minera Cemin Amalia Catemu (Uva):** Cuenta con aproximadamente 700 trabajadores propios, la mayoría locales, y 383 contratistas. Cemin es una compañía de la mediana minería dedicada a la extracción y procesamiento de cobre y oro en Chile. Creada en 1982, cuenta con operaciones en Catemu, Pullally y Domeyko. Procesa 40.000 toneladas de mineral al mes.

9- **Minera Talcuna**: Mina y planta de procesamiento para producir concentrado de cobre, perteneciente a Cía. Minera San Gerónimo. Ubicada en la provincia de Coquimbo. Pasta principal Cobre.

10- **Minera Altos de Punitaqui**: Mina y planta de procesamiento para producir concentrado de cobre, perteneciente a Minera Altos de Punitaqui de Glencore. Ubicada en la provincia de Coquimbo. Pasta principal Cobre.

11- **Minera Tres Valles**: Mina y planta LX-SX-EW para producir cátodos de cobre, perteneciente a Minera Tres Valles del Grupo Vecchiola. Ubicada en la provincia de Coquimbo. Pasta principal Cobre.

12- **Minera Las Cenizas Petorca**: Ubicada en la localidad de Cabildo, provincia de Petorca, V Región de Valparaíso, donde funciona una planta concentradora que tiene capacidad de procesar un máximo 85 mil toneladas de mineral al mes proveniente de sus propias minas.

13- **Minera Guanaco**: Extracción y procesamiento de minerales de oro para la producción de metal doré, perteneciente a Austral Gold. Ubicada en la provincia de Antofagasta. Pasta principal Oro-Plata.

14- **Minera El toqui**: Mina y planta de procesamiento para producir concentrados de zinc, plomo, oro y plata, perteneciente a Nyrstar. Ubicada en la provincia de Aysén. Pasta principal Polimetálico.

15- **Minera Cruz**: Proceso en todas sus 6 minas aproximadamente 33.600 cátodos de cobre fino x año.

16- **HMC Gold Tambo de Oro**: Empresa de la mediana minería creada en el año 2010 con el fin de desarrollar y explotar la Faena Minera Tambo de Oro. El mineral se presenta en vetas con potencias variables (de 2 a 5 metros) y con

leyes de 4 a 8 ppm de oro y 2.000 a 5.000 ppm de cobre, y se extrae a una tasa de 15.000 toneladas de mineral por mes.

17-**Mina Chépica**: Mina y planta de procesamiento para producir concentrado de oro, perteneciente a Polar Star Mining. Ubicada en la provincia de Maule. Pasta principal Oro.

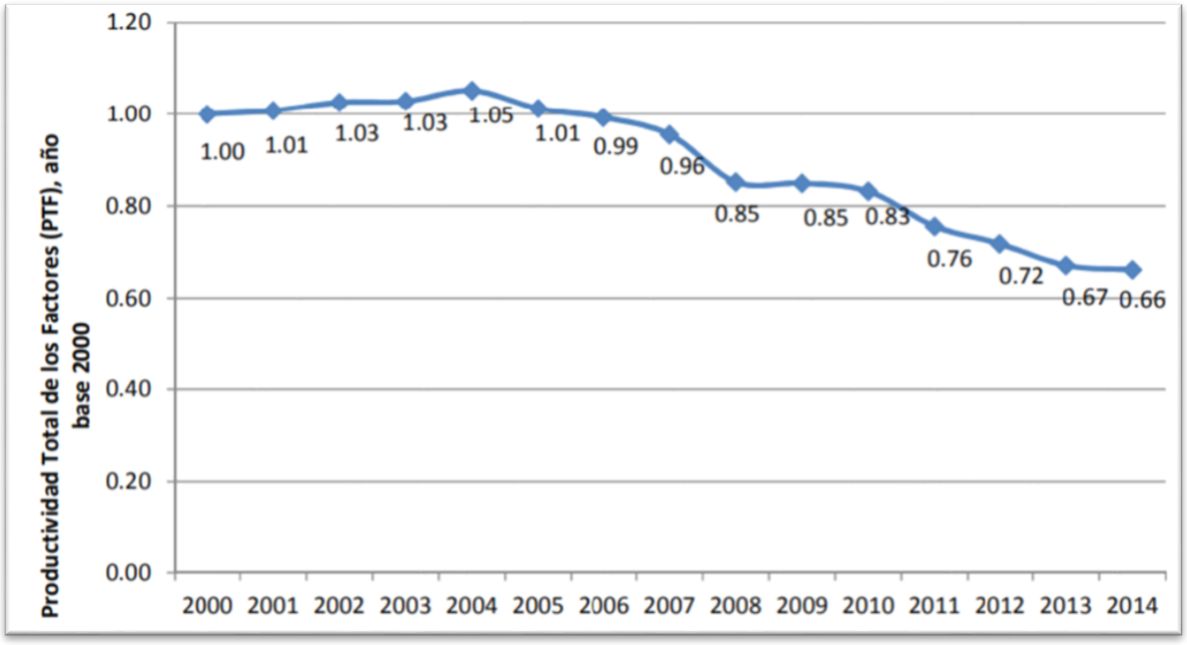
18-**Novaventura Montecristo**: Mina de cobre y hierro, producción estimada de 20.000 toneladas de cobre fino anuales.

19-**Minera Can Can:** La operación es de carácter subterráneo y el método de producción utilizado es de tipo corte y relleno (cut and fill). Las instalaciones de la faena cuentan con talleres mecánicos, una planta concentradora y un laboratorio.

Actualmente las operaciones extractivas se encuentran temporalmente detenidas y se están realizando labores de exploración con el objeto de aumentar el conocimiento geológico del distrito minero.

20-**Otras: Carmen Bajo, La Patagua, Tambillos, Pimentón, Arqueros**.

5.3 Información relacionada a Productividad minería chilena.



Fuente: Productividad en la minería chilena y análisis de sus principales factores explicativos a nivel de firma

Fig. 35 Evolución de la Productividad, medida como PTF, en la minería del Cobre (2000 – 2014)

5.4 Rankings de Exportación de metales (Cobre, Litio, Molibdeno, Plata)

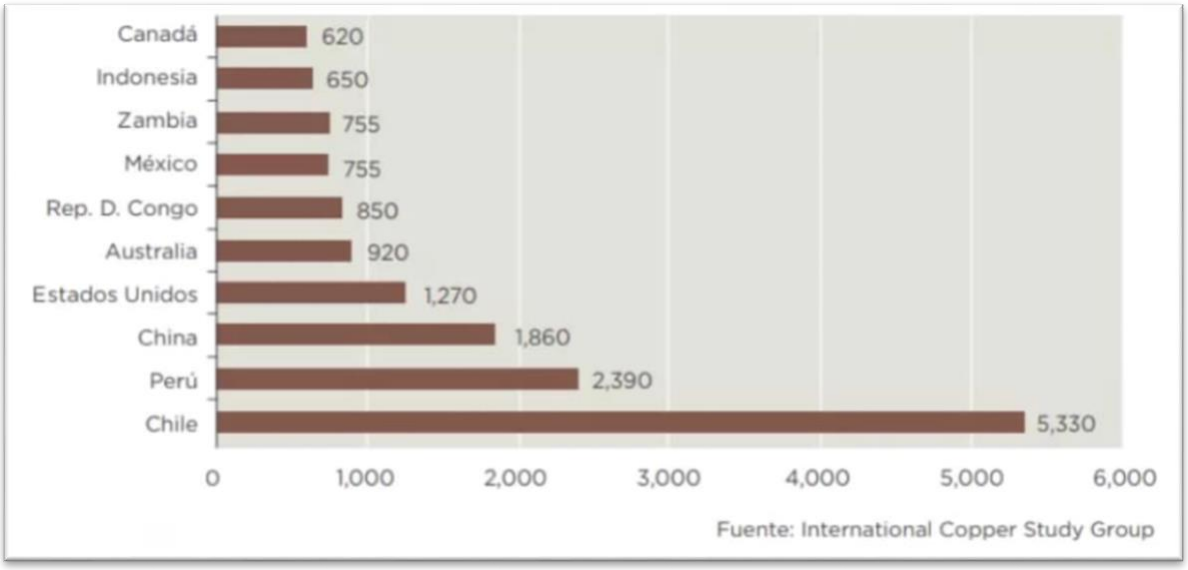


Fig. 36 Ranking Principales Exportadores de Cobre (2018)

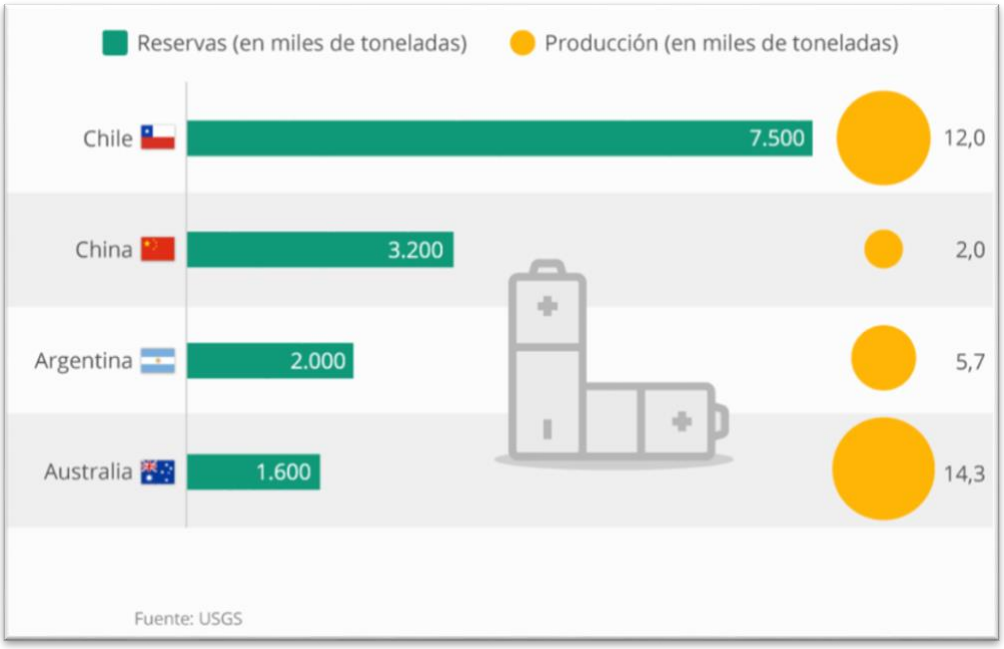


Fig. 37 Ranking Principales Exportadores de Litio (2018)

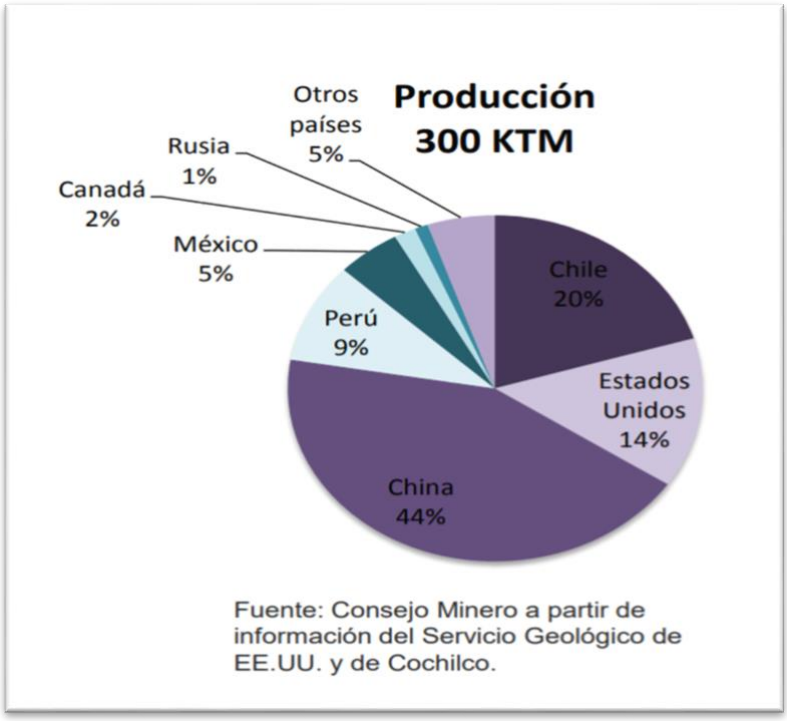


Fig. 38 Ranking Principales Exportadores de Molibdeno (2018).

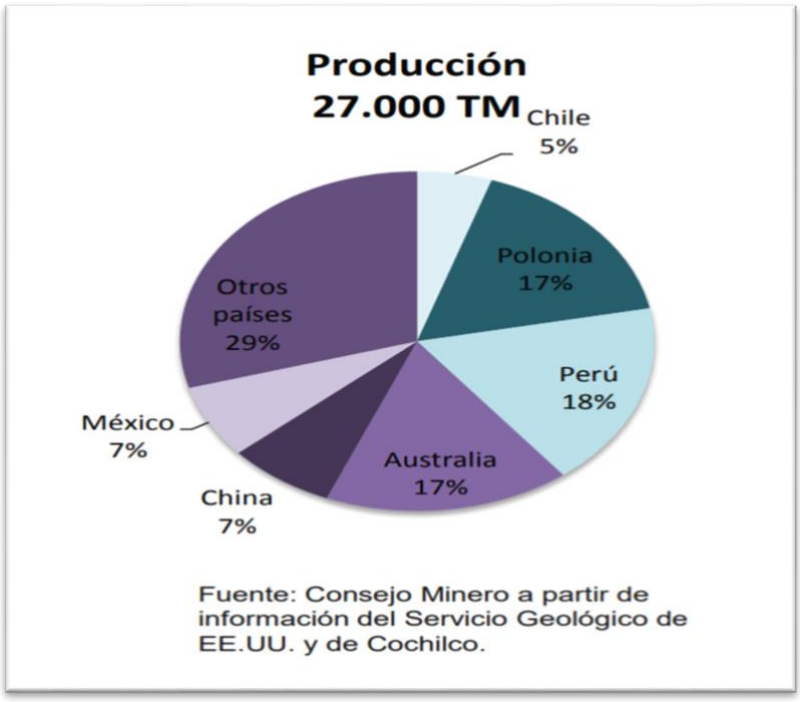


Fig. 39 Ranking Principales Exportadores de Plata (2018)

6. BIBLIOGRAFIA

1. Sitio WEB: https://www.dw.com/es/la-cronolog%C3%ADa-del-estallido-social-de-chile/a-51407726
2. J. L. Bower and C. M. Christensen, "Disruptive Technologies: Catching the wave" Harvard Business Review, 1995.
3. Sitio WEB: https://www.komatsulatinoamerica.com/chile/komatsu-consolida-su-liderazgo-en-tecnologia-autonoma-con-mayor-rendimiento-de-sus-equipos/
4. Sitio WEB:https://www.mch.cl/reportajes/camiones-autonomos-permitirian-mayor-productividad-en-rajo-esperanza-sur-de-centinela/#
5. Sitio WEB: http://www.rumbominero.com/noticias/actualidad-empresarial/rio-tinto-elige-flota-de-camiones-autonomos-caterpillar-para-mina-en-australia/
6. Sitio WEB: https://www.codelco.com/camiones-autonomos-llegan-a-la-mineria-subterranea/prontus_codelco/2019-01-22/153618.html
7. Sitio WEB: https://www.at-minerals.com/en/artikel/at_Self-driving_Trucks_in_Swedish_Underground_Mine_2691704.html
8. Sitio WEB: https://magazine.cim.org/en/news/2018/agnico-eagle-gets-lte-underground-at-laronde/
9. Sitio WEB: https://www.mch.cl/reportajes/entel-lista-ofrecer-la-red-inalambrica-lte-alta-capacidad/
10. Sitio WEB: https://exchange.telstra.com.au/were-building-one-of-the-worlds-largest-underground-lte-networks-for-digital-mining/
11. Sitio WEB: https://www.newtrax.com/big_data_solving_minings_biggest_challenges/
12. Sitio WEB: https://www.reporteminero.cl/noticia/noticias/2018/12/amtc-impulsa-proyectos-en-realidad-aumentada-y-analisis-de-resistencia-de-roca
13. Sitio WEB: https://www.diariosustentable.com/2016/codelco-microsoft-chile-desafian-jovenes-construir-la-mineria-del-futuro-traves-del-popular-juego-minecraft/

14. Sitio WEB: https://www.reporteminero.cl/noticia/noticias/2019/07/la-realidad-virtual-ya-es-una-tendencia-en-la-industria-minera
15. Sitio WEB: https://www.mining-technology.com/features/featurereality-check-augmented-and-virtual-technology-in-the-mining-industry-4913055/
16. Sitio WEB: http://www.petradatascience.com/casestudy/machine-learning-ai-enters-underground-mining/
17. Sitio WEB: http://cdn.intechweb.org/pdfs/12790.pdf
18. Sitio WEB: https://www.ausimmbulletin.com/feature/mining-futures-research-perspective-mobile-robots-in-underground-mining/
19. Sitio WEB: https://www.miningmagazine.com/innovation/news/1347934/mapping-the-underground-with-drones-legged-robots
20. Sitio WEB: https://www.bnamericas.com/es/reportajes/el-impacto-de-la-ia-en-el-mundo-de-la-mineria
21. Sitio WEB: http://www.dataciencia.com/blog/digitalizacion-el-gran-desafio-de-la-industria-minera-actual/
22. Sitio WEB: https://en.wikipedia.org/wiki/Through-the-earth_mine_communications
23. Sitio WEB: https://expandemineria.cl/
24. Sitio WEB:https://gecamin.com/automining/
25. Sitio WEB:https://gmggroup.org/
26. Sitio WEB:https://ingenieria.udd.cl/noticias/2019/09/22787/
27. Sitio WEB:http://www.amtc.cl/
28. Sitio WEB:https://gecamin.com/espanol/
29. Sitio WEB: https://www.sonami.cl/v2/wp-content/uploads/2016/03/01.-Importancia-de-la-pequena-y-mediana-mineria-Chile-VP11.pdf
30. Sitio WEB: https://consejominero.cl/chile-pais-minero/cifras-actualizadas-de-la-mineria/
31. Sitio WEB: https://www.mch.cl/reportajes/mediana-mineria-apuntando-la-recuperacion/

32. Sitio WEB: https://www.mch.cl/reportajes/el-potencial-de-la-mediana-mineria/#
33. Sitio WEB: https://www.cochilco.cl/Listado%20Temtico/Capital%20humano%20actual%20y%20proyecci%C3%B3n%20de%20necesidades%20en%20la%20mediana%20miner%C3%ADa%20del%20cobre%20en%20Chile%20(versi%C3%B3n%20RPI).pdf
34. Sitio WEB: https://www.mch.cl/entrevistas/holding-minero-cemin-apostando-por-la-innovacion/#
35. Sitio WEB: https://www.pucobre.cl/OpenDocs/asp/pagDefault.asp?boton=Doc9&argInstanciaId=9&argCarpetaId=6&argTreeNodosAbiertos=(6)&argTreeNodoActual=6&argTreeNodoSel=6&argRegistroId=6
36. Sitio WEB: https://www.mch.cl/2019/10/07/pucobre-registro-accidente-fatal-en-mina-granate/
37. Sitio Web: https://www.tierraamarillainforma.cl/incendio-afecto-camion-al-interior-la-mina-pucobre/
38. Sitio Web: http://kailean.es/primer-principio-lean-entendemos-realmente-el-verdadero-significado-del-valor/
39. Salgado, L. A. (2018). Actitud y resistencia al cambio organizacional en trabajadores. Revista de Psicología, 36.
40. Sitio Web: https://gecamin.com/ce/20atm_program.pdf
41. Cuatrecasas (2010), Lean Management: La gestión competitiva por excelencia
42. Rania A.M. Shamah, (2013),"A model for applying lean thinking to value creation", International Journal of Lean Six Sigma, Vol. 4 Iss 2 pp. 204 – 224
43. Kotter (1995), Leading Change
44. Armitage, H.M. and Fog, V. (1996), “Economic value creation: what every management accountant should know”, CMA Magazine, October, p. 21024.
45. Condon, J. and Goldstein, J. (1998), “Value based management – the only way to manage for value”, Accountancy Ireland, October, pp. 10-12.

46. Liu, M. and Mei, Y. (2002), “Developing a soft value management model”, International Journal of Project Management, Vol. 20, pp. 341-349.
47. O’Malley, P. (1998), “Value creation and business success”, The Systems Thinker, Vol. 9 No. 2. Pepper, M.P.J. and Spedding, T.A. (2010), “The evolution of lean Six Sigma”, International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 27 No. 2, pp. 138-155.
48. Julien, D. and Tjahjono, B. (2009), “Lean thinking implementation at a safari park”, Business Process Management Journal, Vol. 15 No. 3, pp. 321-335.
49. Mathaisel, D. (2005), “A lean architecture for transforming the aerospace maintenance, repair and overhaul (MRO) enterprise”, International Journal of Productivity and Performance Management, Vol. 54 No. 8, pp. 623-644.
50. Monden, Y. (1983), Toyota Production System, Industrial Engineering and Management Press, Atlanta, GA.
51. Ohno, T. (1988), Toyota Production System: Beyond Large Scale Production, Productivity Press, Portland, OR.
52. Shingo, S. (1989), A Study of the Toyota Production System from An Industrial Engineering Viewpoint, Revised ed., Productivity Press, Cambridge, MA.
53. Kilpatrick, A.M. (1997), “Lean manufacturing principles: a comprehensive framework for improving production efficiency”, Master of Science thesis, Mechanical Engineering, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, February.
54. Chiavenato, I. (2004). Introduccion a la teoria general de la administración (7a edicion). Mexico D.F.: Mc. Graw Hill.
55. DiFabio, A. & Gori, A. (2016). Developing a New Instrument for Assessing Acceptance of Change. Front. Psychol, 7, 1-10. https:// doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00802
56. DiFabio, A. & Bucci, O. (2015). Affective profiles in Italian highschool students: Life satisfaction, psychological well-being, self-esteem, and optimism. Front. Psychol, 6, 1310, 1-6. https:// doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01310

57. DiFabio, A. & Saklofske, D.H. (2014). Comparing ability and selfreport trait emotional intelligence, fluid intelligence, and personality traits in career decision. Pers.Individ.Dif. 64, 174-178. https://doi.org/10.1016/j.paid.2014.02.024
58. DiFabio, A. & Kenny, M.E. (2015). The contributions of emotional intelligence and social support for adaptive career progress among Italian youth. J.Career Dev, 42(1), 48-49. https://doi.org/10.1177/0894845314533420
59. Porret, M.G. (2010). Gestion de personas, Manual para la gestion del capital humano en las organizaciones (Cuarta edicion ed.). (ESIC,Ed.) Madrid, Espana.
60. Tornay, F. & Milan, E. (2001). Diferente participacion de los mecanismos de control en el cambio entre tareas regular frente al cambio al azar. Psicothema, 13(1), 111-117. Recuperado de http://www.psicothema.es/pdf/421.pdf
61. Lefcovich, M. (2006). Superando la resistencia al cambio. [online]. Recuperado de http://www.degerencia.com/articulo/superando_la_resistencia_al_cambio
62. Arras Vota, A.M. (2008). Comunicacion y cambio organizacional. Revista Latina de Comunicacion Social, 63, 418-434. https://doi.org/10.4185/RLCS-63-2008-792-418-434
63. Garcia Rubiano, M. (2011). Liderazgo transformacional y la facilitación de la aceptacion al cambio organizacional. Pensamiento Psicologico, 9(16), 41-54. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo. php?script=sci_arttext&pid=S1657-89612011000100004&lng=en&tlng=es
64. De Mazzei, S.Z. (2014). Resistencia al cambio organizacional en una pequena y mediana empresa (PyME) del sector industrial. Revista Telos, 16(2), 226-242. Recuperado de: http://google. redalyc.org/articulo.oa?id=99331125002