# ESTUDIO

# CARACTERIZACIÓN DE LAS CAPACIDADES Y COMPETENCIAS DIGITALES DEL CAPITAL HUMANO DE LA MINERÍA CHILENA

## INFORME FINAL

Santiago, abril de 2022

OTIC PROFORMA Gestionando Personas

sence

CEIM

Fundación SONAMI

# TABLA DE CONTENIDO


1 RESUMEN EJECUTIVO ..... 3

2 INTRODUCCIÓN ..... 4

3 METODOLOGÍA ..... 6
- 3.1 Variables de investigación ..... 8
- 3.2 Universo de estudio ..... 11
  - 3.2.1 Compañías mineras ..... 11
  - 3.2.2 EMPRESAS TICAR ..... 13
- 3.3 Instrumentos de recolección de información ..... 13

4 DISEÑO DE LA MUESTRA ..... 15
- 4.1 Conformación de la muestra ..... 15

5 APLICACIÓN DE LA ENCUESTA ..... 16
- 5.1 Encuestas logradas ..... 16

6 ANÁLISIS DE LA ENCUESTA ..... 18
- 6.1 Información general: Estrategia de RRHH ..... 18
- 6.2 Identificar y seleccionar tecnologías digitales usadas en minería (OE1) ..... 19
  - 6.2.1 Incorporación de nuevas tecnologías en la industria minera ..... 19
  - 6.2.2 Tecnologías digitales y procesos productivos ..... 22
- 6.3 Identificar las tecnologías digitales más relevantes según procesos productivos mineros (OE2) ..... 24
- 6.4 Caracterizar las competencias digitales, considerando procesos y funciones, acorde a cambios tecnológicos en minería (OE3) ..... 29
- 6.5 Caracterización de los perfiles de competencias MCTP minería (OE4) ..... 35
- 6.6 Resumen y conclusiones a partir de resultados de encuestas ..... 36
  - 6.6.1 Información general: Estrategia de RRHH ..... 36
  - 6.6.2 OE1 Identificar y seleccionar las tecnologías digitales usadas en minería ..... 37
  - 6.6.3 OE2. Identificar las tecnologías digitales más relevantes según procesos productivos mineros ..... 38
  - 6.6.4 OE3. Caracterizar las competencias digitales, considerando procesos y funciones, acorde a cambios tecnológicos en minería ..... 39
  - 6.6.5 OE 4. Caracterización de los perfiles de competencias MCTP de la Minería ..... 40
  - 6.6.6 Conclusiones ..... 40

7 CARACTERIZACIÓN DE PERFILES DE COMPETENCIAS Y DESARROLLO MAPA DE PROCESOS ..... 41
- 7.1 Mapas Funcionales de Procesos ..... 41
- 7.2 Caracterización de Perfiles ..... 43
- 7.3 Conocimientos y Competencias Transversales para perfiles principales de procesos ..... 56

8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ..... 61

9 Bibliografía ..... 64

10 Mesas Técnicas ..... 65

# 1 RESUMEN EJECUTIVO

El estudio "Caracterización de las Capacidades y Competencias Digitales del Capital Humano de la Minería Chilena", surge de la necesidad de avanzar en el desarrollo de competencias digitales en los trabajadores de la industria minera, frente al fenómeno de transformación digital que ha comenzado a experimentar este sector, en especial, en los procesos productivos que forman parte central de su cadena de valor económico.

En este contexto, el presente estudio plantea como objetivo principal contribuir a orientar las acciones de formación, capacitación y desarrollo de competencias de capital humano que son requeridas por la minería chilena en el marco de una Minería 4.0, con el propósito de elevar la productividad, la seguridad, la sustentabilidad ambiental y la continuidad operacional de sus operaciones. Adicionalmente, se plantea como objetivos específicos la identificación de las tecnologías digitales más relevantes según procesos productivos, la caracterización de las competencias digitales específicas y su relación con los perfiles de competencias del Marco de Cualificaciones Técnico Profesionales de la minería.

Mediante la aplicación de una encuesta a profesionales y especialistas que se desempeñan en compañías mineras y empresas tecnológicas proveedoras, se logró obtener información relevante que permitió identificar y comprender de mejor manera las implicancias que las tecnologías digitales tienen sobre los procesos productivos y el perfil de competencias del capital humano que opera y controla los procesos usando dichas herramientas.

A partir del análisis de los resultados obtenidos, se logró identificar aquellos procesos mineros donde la incorporación de las tecnologías digitales resulta más relevante. Esta información permitió diseñar los mapas funcionales de los cuatro procesos priorizados que correspondieron a: Extracción, Procesamiento de minerales, Mantenimiento y confiabilidad, y Control del proceso desde CIO. Posteriormente, se realizó la caracterización de un total de 24 perfiles de competencias digitales específicas asociadas a los procesos priorizados, en base a la metodología y criterios propuestos.

Esta caracterización constituye una "línea de base" que proporciona los contenidos y elementos técnicos necesarios para la actualización y construcción de nuevos perfiles de competencias digitales específicas para quienes se desempeñen en la industria minera chilena. Al mismo tiempo, entrega los elementos precisos para el diseño de acciones de reconversión, elaboración de programas formativos y de desarrollo de competencias para una Minería 4.0.

El trabajo realizado contó con el apoyo de una mesa técnica integrada por especialistas de compañías mineras, del Consejo de Competencias Mineras (CCM), de la Asociación de Empresas Chilenas de Tecnologías de la Información (ACTI), del Consejo Minero, de SENCE, OTIC Proforma y de Fundación Chile. Esta instancia sesionó en cuatro ocasiones, en las que se dieron a conocer los avances, se recogieron comentarios, observaciones y se validaron los resultados.

El estudio fue realizado por Fundación SONAMI en conjunto con el Centro de Entrenamiento Industrial y Minero (CEIM) con recursos provenientes del 5% de los aportes efectivos y excedentes administrados por OTIC Proforma y aprobados por SENCE. Fundación SONAMI y CEIM agradecen la colaboración de todos quienes participaron en el desarrollo del estudio, así como también, el apoyo brindado por OTIC PROFORMA y SENCE para su ejecución.

# 2 INTRODUCCIÓN

El proyecto "Caracterización de las Capacidades y Competencias Digitales del Capital Humano de la Minería Chilena", surge de la necesidad de avanzar en el desarrollo de competencias digitales en los trabajadores de la industria minera, frente al fenómeno de transformación digital que ha comenzado a experimentar este sector, en especial, en los procesos productivos que forman parte central de su cadena de valor económico.

Este proceso de transformación digital, denominado como "Smart Mining" o "Minería 4.0" en el marco de la Hoja de Ruta Tecnológica de la Minería, responde al desafío de introducir las tecnologías de la información, comunicaciones, automatización y robótica que caracterizan la llamada "4ta Revolución Industrial" en los procesos productivos y logísticos de la industria minera, con el propósito de elevar su competitividad y asegurar su sustentabilidad a través del tiempo.

Frente a este desafío, el presente estudio plantea como objetivo principal contribuir a orientar las acciones de formación, capacitación y desarrollo de competencias de capital humano que son requeridas por la minería chilena en el marco de una Minería 4.0 y de la trasformación digital de sus procesos productivos, con el propósito de elevar la productividad, la seguridad, la sustentabilidad ambiental y la continuidad operacional. A este objetivo principal se suman algunos objetivos específicos como son la identificación y selección de las tecnologías digitales usadas en la minería según procesos productivos mineros, la caracterización de las competencias digitales específicas del capital humano y las funciones respectivas, para finalmente, asociar esta caracterización de competencias digitales específicas con los perfiles de competencias del Marco de Cualificaciones Técnico Profesionales.

El estudio consideró un total de seis etapas, comenzando por la elaboración de un marco conceptual y revisión bibliográfica que permitiera establecer los fundamentos y criterios sobre los cuales construir esta caracterización de los perfiles de competencias del capital humano de la minería chilena. En este aspecto, se analizó la experiencia nacional e internacional en materia de definición de competencias digitales junto con identificar aquellos procesos mineros donde la incorporación de dichas tecnologías resulta más apremiante en el corto plazo.

La segunda etapa del estudio correspondió a la elaboración de los instrumentos o encuestas que se utilizaron en el levantamiento de información, para continuar con la tercera consistente en la aplicación de estos instrumentos a una muestra de compañías de la gran y mediana minería chilena, y a un conjunto de empresas proveedoras de soluciones digitales de la industria. Una cuarta etapa consistió en el análisis de las respuestas obtenidas, lo que permitió definir aquellos procesos mineros donde la incorporación de estas nuevas tecnologías digitales, resulta más relevante de acuerdo a la opinión de los entrevistados. Finalmente, con esta información se diseñaron los mapas funcionales de cada proceso y se caracterizaron los perfiles de competencias digitales específicas que fueron priorizados por los mismos encuestados.

Esta tarea, más la elaboración del informe final correspondieron a la quinta y sexta etapa de desarrollo del estudio.

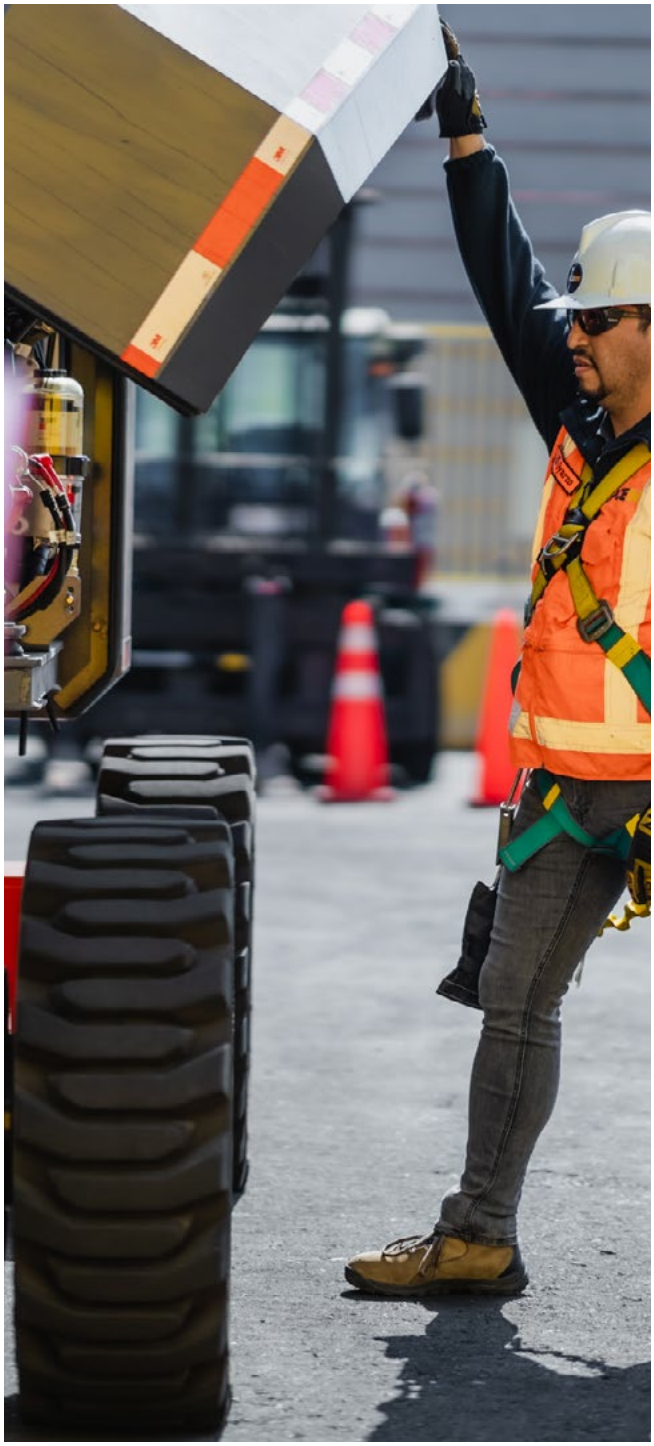
Es importante señalar que como parte del proyecto, se convocó a una mesa técnica integrada por profesionales y especialistas en representación de compañías mineras, del Consejo de Competencias Mineras (CCM), de la Asociación de Empresas Chilenas de Tecnologías de la Información (ACTI), del Consejo Minero, de SENCE, OTIC Proforma y de Fundación Chile. En cada sesión de la mesa técnica se dieron a conocer los avances, se recogieron comentarios, observaciones y se validaron los resultados.

## Contenido del Informe

El presente informe describe en cada una de sus secciones las diferentes etapas del desarrollo del estudio que permitieron elaborar la caracterización de los perfiles de competencias digitales específicas para el capital humano de la industria minera. En la sección 3, se explica el marco conceptual y la metodología utilizada, en la sección 4 se realiza una descripción de la conformación de la muestra de compañías mineras y empresas tecnológicas participantes del estudio, para luego en la sección 5 presentar los resultados obtenidos de este levantamiento de información.

En la sección 6 del estudio se realiza un completo análisis de los resultados que arrojó el procesamiento de los resultados de las encuestas en base a las respuestas entregadas por los entrevistados. Esta información constituye el pilar para el desarrollo de los mapas de proceso y la construcción de la caracterización de los perfiles de competencias digitales específicas, elementos que son desarrollados en el apartado 7, a partir de los estándares de competencias definidos en el Marco de Cualificaciones del Consejo de Competencias Mineras y ChileValora.

Finalmente, en la sección 8 se entregan las principales conclusiones que permite alcanzar el trabajo realizado, junto con indicar la bibliografía utilizada en el apartado 9.



# 3 METODOLOGÍA

Para el desarrollo del estudio, se utilizó una metodología que consideró un enfoque mixto, incluyendo una fase cualitativa y otra cuantitativa.

a) La fase cualitativa correspondió al estudio, diseño y aplicación de encuestas a las compañías de la gran y mediana minería y a empresas proveedoras del sector de tecnologías digitales.

El análisis cualitativo se realizó a partir de la información obtenida de entrevistas a actores relevantes del sector (gran y mediana minería), y proveedores de tecnologías digitales sobre su percepción de la situación actual de la industria en el uso de éstas, y las competencias requeridas del recurso humano para avanzar hacia la minería 4.0.

b) La fase cuantitativa correspondió al procesamiento y análisis de los datos, junto a la elaboración de indicadores, y conclusiones.

El análisis cuantitativo se realizó en base al procesamiento de las respuestas del cuestionario aplicado de manera online a actores relevantes de una muestra de compañías de la gran y mediana minería y a proveedores de tecnologías digitales.

El marco conceptual en que se basa este estudio se sustenta fundamentalmente en cuatro lineamientos que corresponden a los contenidos de competencias Técnico Profesionales de la minería representados en el Marco de Cualificaciones de Competencias para la Minería, las Competencias Transversales para la Minería 4.0, junto a otros relacionados con otros sistemas de cualificaciones o estandarización de competencias digitales vinculadas con la digitalización y la automatización de los procesos productivos. Adicionalmente, se incluye un análisis y levantamiento de información sobre los procesos productivos, planes estratégicos e implementación de nuevas tecnologías, elementos a partir de los cuales se realiza la caracterización de competencias digitales específicas para el capital humano de la industria minera.

# Ilustración 1. MARCO CONCEPTUAL

# 3.1 Variables de investigación

### a. Tecnologías digitales

Corresponden a aquellas que se encuentran desarrolladas y/o presentan el potencial de ser aplicadas a los procesos mineros. En este contexto, se han considerado las tecnologías que fueron seleccionadas en el marco del estudio elaborado por CESCO denominado "Hacia una minería 4.0: Recomendaciones para impulsar una industria nacional inteligente", el cual identifica un conjunto de soluciones relacionadas con las doce tecnologías que forman parte de la Cuarta Revolución Industrial, definidas en el estudio realizado por el economista Klaus Schwab, director del World Economic Forum.

Para el desarrollo del presente estudio, se han considerado las tecnologías que fueron identificadas en el Road Map de Digitalización para una Minería 4.0, iniciativa impulsada por el Consejo Minero, Fundación Chile y Corporación Alta Ley, con el apoyo de Corfo y la asesoría técnica de Interop. En ese trabajo participaron más de 100 profesionales pertenecientes a la academia, empresas proveedoras y de compañías mineras como Anglo American, Codelco, BHP, Collahuasi, Antofagasta Minerals, KGHM y Freeport McMoran, entre otras, quienes aportaron sus conocimientos y experiencia de trabajo en diversos roles y funciones. Este Road Map, define como visión "Transformar la manera en que hacemos minería en Chile y proyectar una industria sostenible a través de la incorporación proactiva de las oportunidades presentadas por las tecnologías de la Industria 4.0". Entre éstas, se incluyen las siguientes:

1. Internet de las cosas
2. Robótica
3. Simulación
4. Big data
5. Ciberseguridad
6. Integración de sistemas
7. Cloud computing
8. Fabricación aditiva

### b. Procesos mineros

Se considera como procesos mineros a aquellas funciones productivas de la minería y de apoyo a la operación en los cuales es factible aplicar tecnologías digitales. Para efectos del presente estudio se analizaron en primer lugar los catorce procesos productivos mineros definidos por el Consejo de Competencias Mineras y que corresponden a: Exploración y Sondaje, Perforación y Tronadura, Extracción Mina Rajo, Extracción Mina Subterránea, Procesamiento de Óxidos de Cobre: Hidrometalurgia, Procesamiento de Sulfuros de Cobre: Concentración de minerales, Proceso de Fundición, Proceso de Refinación electrolítica, Procesamiento de Oro y Plata, Mantenimiento Mecánico, Mantenimiento Eléctrico – Instrumentista, Centro Integrado de Operaciones.

Adicionalmente, y en base al levantamiento de información se realizó un trabajo de identificación y análisis respecto a cómo determinados procesos pueden ser transformados o modificados con la incorporación de las tecnologías, y así, establecer la caracterización de las competencias digitales que son necesarias para asegurar un uso adecuado de estas herramientas, por parte de los técnicos y profesionales que se desempeñen en este nuevo escenario o modelo de trabajo que plantea una Minería 4.0.

Frente a las transformaciones que las tecnologías digitales pueden generar en los procesos productivos de la industria minera, en particular en la operación, resulta fundamental abordar el curso de adaptación y la gestión del cambio. Luego, como parte del estudio, se analizaron aquellas tecnologías que pueden contribuir a facilitar y reducir los riesgos potenciales asociados a esta transformación, en particular aquellas como la Realidad Virtual, la Realidad Aumentada, la Modelación y Analítica Avanzada, las cuales permiten trabajar en ambientes virtuales facilitando así el análisis, la modelación, la identificación de riesgos y oportunidades de mejora vinculadas a los diferentes procesos operacionales.

### c. Perfiles de competencias

Corresponde a la caracterización de descriptores de competencias que deben ser adoptados por la industria en el contexto de la transformación digital de sus procesos. Se utilizará como línea de base los perfiles de competencias disponibles en el Marco de Cualificaciones Técnico (MCTP) , Sector Minería (2019), tomando en consideración los elementos relevantes del "Modelo de Competencias Transversales Para la Industria Minera 4.0 del CCM", El Marco de Cualificaciones Mantenimiento 4.0, El Poblamiento Multisectorial (CPC-FCH-JP Morgan), así como las contribuciones de la Unión Europea en su "European Digital Competence Framework for Citizens (DigComp)", particularmente en la Guía de Implementación "DigComp at Work" (2020), se toman algunos casos específicos con Intermediarios del Mercado Laboral (LMIs), como por ejemplo el Trabajo sobre Perfiles Digitales Profesionales del proyecto "Ikanos" del País Vasco (2020), y los hallazgos y contribuciones en cuanto a competencias y marcos metodológicos de otros organismos y consultores nacionales e internacionales.

Debido a que el alcance estudio es el levantamiento y caracterización de los perfiles de competencias digitales específicas dentro del Marco de Cualificaciones Técnico Profesional (MCTP) referido a los procesos de la cadena de valor principal de la industria minera, se incluye en el análisis competencias transversales y específicas relevantes, según corresponda. Cabe señalar que la metodología considera la vinculación de las competencias laborales - perfiles ocupacionales con las respectivas cualificaciones del MCTP, y que a su vez éstas se relacionan con planes formativos estandarizados y definidos por el Consejo de Competencias Mineras. En su versión introductoria del Marco de Cualificaciones para la minería en Chile, elaborado por el Consejo Minero y su Consejo de Competencias Mineras en la versión 2017, señala que el detalle de los perfiles laborales para los diferentes procesos de la cadena de valor principal, (operaciones mina, planta y mantenimiento) fue desarrollado como una adaptación del marco de cualificaciones australiano. Para esto se estableció un acuerdo de colaboración con las SkillsDMC y el Australian Qualification Frameworks, influyendo en su aplicación en la industria minera australiana y la organización de su catálogo de competencias. (Minerals Council of Australia , 2019)

Por lo tanto, el Marco de Cualificaciones Mineras de Chile incorpora en su definición la comparación de las competencias a nivel internacional de los perfiles de los trabajadores que se desempeñan en los mismos procesos en minas de economías avanzadas. En la práctica, este marco permite que un trabajador asociado a un perfil de competencias se asimile al mismo perfil en cualquier compañia minera chilena o internacional.

**Tabla 3-1. Comparación MC australiano y el MCTP y MC Mantenimiento 4.0**

| Tipos de Competencias | Training Package MC Australiano: Business Services Training Package (BSB) / UEE Electrotechnology 3.1 | Cualificaciones<br><br>MCTP- chileno<br><br>Competencias Transversales 4.0/ Procesos CIO y Extracción Rajo Abierto, Suministro de Agua/ MC Mantenimiento 4.0 |
|---|---|---|
| Competencias Transversales o Genéricas Industria 4.0 | 6 | 6 |
| Competencias Digitales Específicas/<br><br>TIC | 11 | 8 |

# 3.2 Universo de estudio

## 3.2.1 Compañías mineras

### Tabla 3-2. Producción chilena de cobre por empresa (Miles de TM de cobre fino)

| | Compañía | Origen Propiedad | Localización | Producción 2019 | % | % Acumulado |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Codelco-Chile** | | | **1.588,2** | **27,4%** | |
| 1 | División El Teniente | Estatal | R. O'Higgins | 459,7 | 7,9% | 7,9% |
| 2 | División Chuquicamata | Estatal | R. Antofagasta | 385,3 | 6,7% | 14,6% |
| 3 | División Radomiro Tomic | Estatal | R. Antofagasta | 266,4 | 4,6% | 19,2% |
| 4 | División Andina | Estatal | R. Valparaíso | 170,3 | 2,9% | 22,1% |
| 5 | División Ministro Hales | Estatal | R. Antofagasta | 151,8 | 2,6% | 24,8% |
| 6 | Gaby | Estatal | R. Antofagasta | 104,1 | 1,8% | 26,6% |
| 7 | División Salvador | Estatal | R. Atacama | 50,6 | 0,9% | 27,4% |
| | **Gran Minería Privada** | | | **3.941,1** | **68,1%** | |
| 8 | Escondida | Extranjera | R. Antofagasta | 1.187,8 | 20,5% | 48,0% |
| 9 | Collahuasi | Extranjera | R. Tarapacá | 565,4 | 9,8% | 57,7% |
| 10 | Anglo American Sur | Extranjera | R. Metropolitana | 389,2 | 6,7% | 64,5% |
| 11 | Los Pelambres | Nacional | R. Coquimbo | 375,9 | 6,5% | 71,0% |
| 12 | Centinela (Súlfuros) [5] | Nacional | R. Antofagasta | 195,5 | 3,4% | 74,3% |
| 13 | Spence | Extranjera | R. Antofagasta | 193,4 | 3,3% | 77,7% |
| 14 | Caserones | Extranjera | R. Atacama | 145,5 | 2,5% | 80,2% |
| 15 | Zaldívar | Ext y Nacional | R. Antofagasta | 116,1 | 2,0% | 82,2% |
| 16 | Sierra Gorda | Extranjera | R. Antofagasta | 114,0 | 2,0% | 84,2% |
| 17 | Candelaria | Extranjera | R. Atacama | 111,4 | 1,9% | 86,1% |
| 18 | Mantos Copper | Extranjera | R Antofagasta | 86,3 | 1,5% | 87,6% |
| 19 | El Abra | Ext y Nacional | R Antofagasta | 81,9 | 1,4% | 89,0% |
| 20 | Centinela (Oxidos) [5] | Nacional | R Antofagasta | 81,1 | 1,4% | 90,4% |
| 21 | Lomas Bayas | Extranjera | R Antofagasta | 78,9 | 1,4% | 91,8% |
| 22 | Antucoya | Nacional | R Antofagasta | 71,9 | 1,2% | 93,0% |
| 23 | Cerro Colorado | Extranjera | R. Tarapacá | 71,7 | 1,2% | 94,2% |
| 24 | Andacollo | Extranjera | R Atacama | 54,0 | 0,9% | 95,2% |
| 25 | Quebrada Blanca | Extranjera | R. Tarapacá | 21,1 | 0,4% | 95,5% |
| | **Mediana Minería** | | | **89,8** | **1,6%** | |
| 26 | Ojos del Salado | Extranjera | R. Atacama | 29,9 | 0,5% | 96,1% |
| 27 | Franke | Extranjera | R. Antofagasta | 19,0 | 0,3% | 96,4% |
| 28 | Michilla | Nacional | R. Antofagasta | 12,5 | 0,2% | 96,6% |
| 29 | Atacama Kozán | Extranjera | R. Atacama | 12,5 | 0,2% | 96,8% |
| 30 | Grace | Nacional | R. Antofagasta | 8,8 | 0,2% | 97,0% |
| 31 | Tres Valles | Extranjera | R. Coquimbo | 7,1 | 0,1% | 97,1% |
| | **Otros** | | | **168,3** | **2,9%** | **100%** |
| | **TOTAL** | | | **5.787,4** | **100%** | |

*Fuente: Elaboración propia en base a estadísticas de Cochilco.*

Considerando la estructura y características de la industria minera chilena, se propuso una muestra representativa de compañías en función de su tamaño, origen de la propiedad y localización geográfica. En este sentido, y en base a los niveles de producción de las principales operaciones mineras, incluyendo las divisiones de CODELCO, un total de veinte, logran representar sobre el 90% de la producción de cobre fino del país. Adicionalmente, se considera a dos empresas productoras de litio y nitratos. En Tabla 3-3 se presenta la conformación de la muestra inicial en base a variables de producción, origen de la propiedad, y localización.

**Tabla 3-3. Conformación de la muestra inicial según tamaño, propiedad y localización. (N° de compañías)**

| Tamaño según producción | | Origen de la propiedad | | Localización por región | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Antofagasta | 12 |
| Grande | 18 | Estatal | 4 | Atacama | 4 |
| Mediana | 4 | Privada nacional | 7 | Coquimbo | 2 |
| | | Privada extranjera | 9 | Metropolitana | 1 |
| | | Privada nacional y extranjera | 2 | O'Higgins | 1 |
| | | | | Tarapacá | 2 |
| **Total** | **22** | **Total** | **22** | **Total** | **22** |

*Fuente: Elaboración propia.*

### 3.2.2 EMPRESAS TICAR

En el caso de las empresas tecnológicas, se consideró a las que integran la Asociación Chilena de Empresas de Tecnologías de la Información (ACTI) que poseen capacidades de desarrollo de soluciones en las 8 tecnologías definidas en el Road Map de Digitalización para una Minería 4.0 (Internet de las cosas, Robótica, Simulación, Big data, Ciberseguridad, Integración de sistemas, Cloud computing, y Fabricación aditiva) con presencia en la industria minera local.

## 3.3 Instrumentos de recolección de información

Para el levantamiento de información se elaboraron dos cuestionarios, uno para aplicar a compañías mineras y otro para empresas de servicios tecnológicos, elaborados principalmente en base a preguntas cerradas, con el fin de lograr una mayor estandarización de las respuestas. Las encuestas fueron aplicadas a ejecutivos y profesionales senior gerentes de operaciones, gerentes de recursos humanos y de tecnología. Previo a este proceso, ambos cuestionarios fueron sometidos a una prueba piloto para validar la correcta formulación y comprensión de las preguntas y su alcance.

Los cuestionarios elaborados para el levantamiento de información incluyeron las siguientes dimensiones:

**Dimensiones del cuestionario para compañías mineras**

a. Datos generales de la compañía.
b. Conocimiento de la Minería 4.0 y transformación digital.
c. Estrategias de transformación digital en la empresa.
d. Incorporación de herramientas digitales a los procesos de la empresa y operación.
e. Competencias (conocimientos, habilidades y actitud) del RRHH para la minería 4.0
f. Infraestructura disponible para proyectos de transformación digital en la empresa.
g. Impacto esperado en los resultados de la empresa.

**Dimensiones del cuestionario para empresas proveedoras de tecnología**

a. Datos generales de la empresa.
b. Tipo de tecnologías disponibles para la minería 4.0 y sus áreas de aplicación.
c. Escenario actual y proyecciones.
d. Requerimientos de infraestructura.
e. Competencias requeridas del RRHH.

## Tabla 3-4. Dimensiones y aspectos considerados en función de los objetivos del estudio

| Objetivos del estudio | Dimensiones del cuestionario | Principales aspectos a analizar |
|---|---|---|
| 1. Información general | I.Datos generales de la empresa<br><br>II.Estrategia de Recursos Humanos | 1. Identificación de la empresa.<br>2. Actividades que las empresas mineras priorizan como parte de su gestión de negocios.<br>3. Estrategia de negocios que desarrolla empresas TICAR para identificar oportunidades en la industria minera.<br>4. Las empresas TICAR poseen un área de negocios especializada en la industria minera.<br>5. Existencia de una política de desarrollo de RRHH en la empresa minera, sus objetivos, principales áreas de capacitación actual y futura, financiamiento. |
| 2. Identificar y seleccionar las tecnologías digitales usadas en minería | III. Tecnologías digitales para una Minería 4.0 | 1. Indagar sobre la existencia de un Roadmap o planificación en la empresa para avanzar hacia su transformación digital y la importancia de la incorporación de nuevas tecnologías.<br>2. Opinión sobre los desafíos o problemas que buscan resolver las soluciones tecnológicas o digitales.<br>3. Recoger la opinión de las empresas sobre aquellos factores que consideran son críticos para la implementación de la transformación digital.<br>4. Percepción sobre las barreras o restricciones para la introducción de nuevas tecnologías o nuevas soluciones digitales en el mercado minero.<br>5. Opinión sobre cuáles son los principales procesos productivos en los que han incorporado nuevas tecnologías o tienen planificado incluirlas en los próximos tres años. |
| 3. Identificar las tecnologías digitales más relevantes y su potencial impacto en procesos productivos mineros | | 1. Conocer la opinión sobre los procesos que serán más impactados por las nuevas tecnologías.<br>2. Identificar las tecnologías que serían más relevantes de desarrollar según proceso productivo. |
| 4. Caracterizar las competencias digitales, considerando procesos y funciones, acorde a cambios tecnológicos en minería | IV. Competencias del recurso humano para una Minería 4.0 | 1. Conocimientos y competencias requeridos del capital humano que se desempeña en la minería para la incorporación de tecnologías digitales e identificación de brechas.<br>2. Forma de implementar los programas de desarrollo de capital humano.<br>3. Visión de las empresas TICAR, sobre aquellas materias y contenidos específicos relacionados con las tecnologías digitales que deben ser incorporados a los programas de especialización y desarrollo de competencias. |
| 5. Asociar la caracterización de los perfiles de competencias MCTP, sector minería | | 1. De acuerdo a la opinión de las empresas conocer cuáles de los actuales perfiles de competencias del MCM, sector minería, incorporan las nuevas competencias de los trabajadores que se necesitan para la transformación digital.<br>2. Identificar los procesos donde se requiere levantar nuevos perfiles o actualizar los existentes. |

# 4 DISEÑO DE LA MUESTRA

## 4.1 Conformación de la muestra

A partir del universo de compañías mineras y empresas tecnológicas, se conformó una muestra que cumpliera con los criterios preestablecidos.

Para la selección de las compañías mineras a encuestar, se consideraron factores que resultan relevantes para la aplicación de tecnologías digitales tales como: cobertura de procesos productivos y volumen de producción, entre otros. En este ámbito, se incluyeron los segmentos de mediana y gran minería según definición de SERNAGEOMIN, que producen minerales metálicos principalmente cobre y minerales no metálicos.

Para las empresas tecnológicas los criterios de selección fueron: ser proveedores de la industria minera, ser desarrolladores y/o integradores de soluciones digitales, haber ejecutado proyectos de implementación de tecnologías digitales dentro del concepto TICAR (Tecnología de la información, comunicaciones, automatización y robótica).

El estudio no trabajó con una muestra probabilística, considerando que su representatividad se basa fundamentalmente en el peso relativo de las empresas seleccionadas en términos de variables como: producción, origen de la propiedad, localización y procesos productivos.

# 5 APLICACIÓN DE LA ENCUESTA

## 5.1 Encuestas logradas

Las encuestas fueron aplicadas a través de la plataforma Surveymonkey, contactando a las compañías mineras a través de SONAMI y a las empresas tecnológicas a través de ACTI. En el caso de las compañías mineras, el cuestionario se canalizó a las áreas de tecnología, operaciones y recursos humanos, logrando un total de 26 encuestados superando el número de 22 empresas que conformaban la muestra original. En la tabla se presenta la clasificación de las compañías mineras que contestaron la encuesta.

**Tabla 5-1. Resultados según tamaño, propiedad y localización de las operaciones (N° de empresas)**

| Tamaño según producción | | Origen de la propiedad | | Localización por región | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Arica y Parinacota | 1 |
| Grande | 15 | Estatal | 2 | Tarapacá | 2 |
| Mediana | 11 | Privada nacional | 9 | Antofagasta | 10 |
| | | Privada extranjera | 14 | Atacama | 7 |
| | | Privada nacional y extranjera. | 1 | Valparaíso | 3 |
| | | | | Metropolitana | 1 |
| | | | | O'Higgins | |
| | | | | Corporativo RM | 2 |
| **Total** | **26** | **Total** | **26** | **Total** | **26** |

Como se observa en la ilustración N°2, las compañías mineras que respondieron la encuesta, la producción consolidada de ellas representa un 63,5% de la producción total de cobre fino a nivel nacional de 2019. Adicionalmente, y en relación al perfil de cargo del encuestado, se evidenció que 14 de ellos correspondían a jefes del Área de capacitación y RRHH, 7 a jefes de Áreas de Desarrollo Organizacional, 4 a Especialistas del Área de Investigación y TI respectivamente y 1 a otros cargos. En este sentido, se puede afirmar que la muestra es representativa del parque productivo de la minería chilena, y al mismo tiempo, que los profesionales encuestados resultan idóneos debido a que su ámbito de desempeño se vincula con la temática planteada.

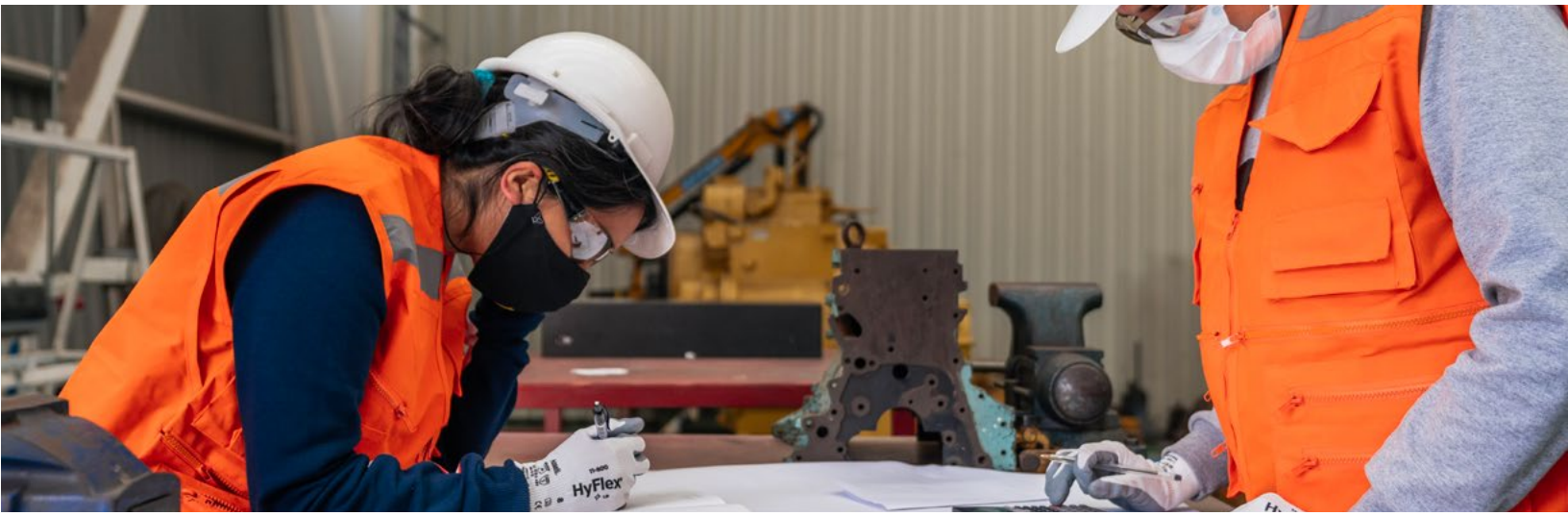


**Ilustración 2. Representatividad de la muestra lograda según producción total de cobre fino.**

**Gran Minería Estatal**

N° Respuestas: 2
% Producción: 9,6%

**Gran Minería Privada**

N° Respuestas: 14
% Producción: 53,5%

**Mediana Minería**

N° Respuestas: 10
% Producción: 0,4%

# 6 ANÁLISIS DE LA ENCUESTA

En la presente sección se realiza un análisis de los resultados entregados por la encuesta aplicada a profesionales y especialistas de las compañías mineras y de empresas tecnológicas. Dicho análisis se presenta en función de los Objetivos Específicos (OE) propuestos por el estudio, que se indican a continuación:

**OE1** Identificar y seleccionar las tecnologías digitales que están siendo implementadas en la industria minera.

**OE2** Identificar los efectos potenciales que las tecnologías digitales puedan tener sobre los procesos productivos en la industria minera.

**OE3** Caracterizar las competencias digitales, considerando procesos y funciones relevantes en los cuales se producirán los cambios más representativos producto de la incorporación creciente de tecnologías digitales en el sector.

**OE4** Asociar la caracterización de las competencias digitales a los perfiles de competencias disponibles en el Marco de Cualificaciones reconocido por el sector minero y sus rutas formativas.

## 6.1 Información general: Estrategia de RRHH

En la primera parte del cuestionario aplicado a los representantes de las compañías mineras, se solicitó seleccionar, dentro de un conjunto de alternativas, aquellas actividades en las cuales la compañía focalizará sus esfuerzos de gestión. De acuerdo con las opiniones entregadas, los encuestados señalan que se concentrarán principalmente en: reducir riesgos de accidentes en los trabajadores; aumentar la productividad mediante la automatización de los procesos; mejorar la gestión ambiental, reducir el impacto; elevar la capacidad de captura, el procesamiento y análisis de datos para el monitoreo de los procesos; y mejorar el desempeño de gestión de mantenimiento. No se observan diferencias entre las opiniones según el tamaño de las empresas.

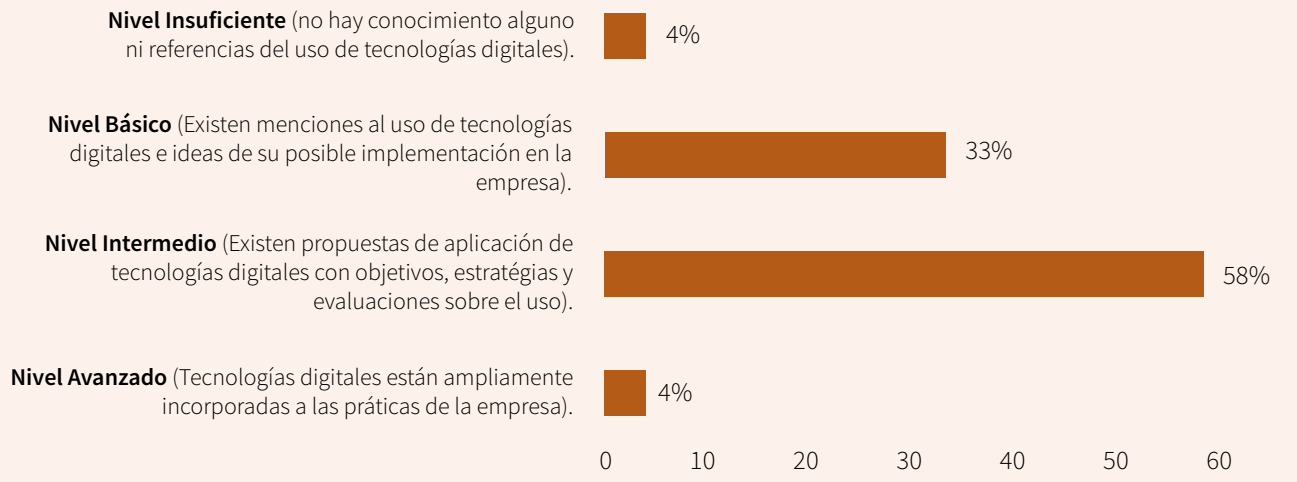
Adicionalmente, se consultó por la disponibilidad e implementación de políticas de desarrollo y de planes de capacitación para sus trabajadores según las áreas de trabajo. Al respecto, sobre un 80% de los encuestados afirma que su organización sí cuenta con políticas y estrategias de desarrollo de su capital humano. En lo específico, los encuestados señalan que las tres áreas principales en las cuales han focalizado sus acciones en los últimos años las capacitaciones han sido: seguridad (29%), gestión operacional (27%) y tecnologías digitales (19%). Para los próximos años, las grandes compañías, tanto privadas como estatales, declaran que la prioridad de sus planes de formación para los próximos tres años estará en seguridad (24%) y en tecnologías digitales (24%). En el caso de las compañías medianas, las acciones de capacitación se focalizarán en las áreas de seguridad y gestión operacional, dejando las tecnologías digitales en un tercer lugar.

# 6.2 Identificar y seleccionar tecnologías digitales usadas en minería (OE1)

## 6.2.1 Incorporación de nuevas tecnologías en la industria minera

Respecto al nivel de incorporación de tecnologías digitales en los procesos mineros, un 58% de los encuestados señalan que la integración de éstas se sitúa a un nivel intermedio y que existen propuestas de aplicación de tecnologías digitales con objetivos, estrategias y evaluaciones sobre su uso. Al mismo tiempo, un 33% de las opiniones indican que en sus organizaciones existen ideas de su posible implementación, sin embargo, aún están en un nivel de desarrollo básico. Por su parte, sólo un 4% de los encuestados declara que sus compañías se encuentran en un nivel avanzado donde las tecnologías digitales están ampliamente incorporadas a los procesos y prácticas de la organización. Del mismo modo, un 4% de los encuestados señala que no hay conocimiento alguno, ni referencias del uso de tecnologías digitales. Ver Gráfico N° 1.

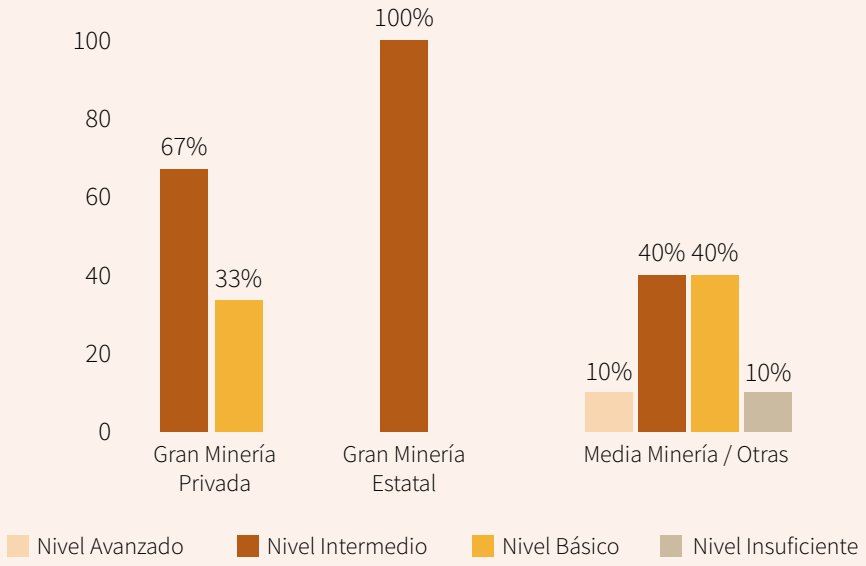
**Gráfico 1. Incorporación de las tecnologías digitales en procesos mineros**




Al observar las opiniones de acuerdo con el tamaño de la empresa -ver Gráfico 2- la totalidad de los representantes de las compañías de la Gran Minería Chilena Estatal, es decir CODELCO, indica que la incorporación de soluciones digitales se encuentra en nivel intermedio, un 67% en el caso de la Gran Minería Privada y un 40% en la Mediana Minería.

Frente al grado de penetración de las nuevas herramientas digitales en los procesos mineros, la mayoría de los encuestados declara que su compañía cuenta con una estrategia para avanzar en su transformación digital. En el segmento de la mediana minería, un 50% manifiesta esta herramienta. En forma complementaria, cuando se pregunta por el tipo de estrategia adoptada, un 36% menciona que ésta ha correspondido a la elaboración de una cartera de proyectos de digitalización, un 32% indica que ha implementado una hoja de ruta tecnológica y un 21%, un diagnóstico de la situación de la compañía en materia de transformación digital.

**Gráfico 2. Incorporación de las tecnologías digitales en procesos mineros según tamaño empresa**

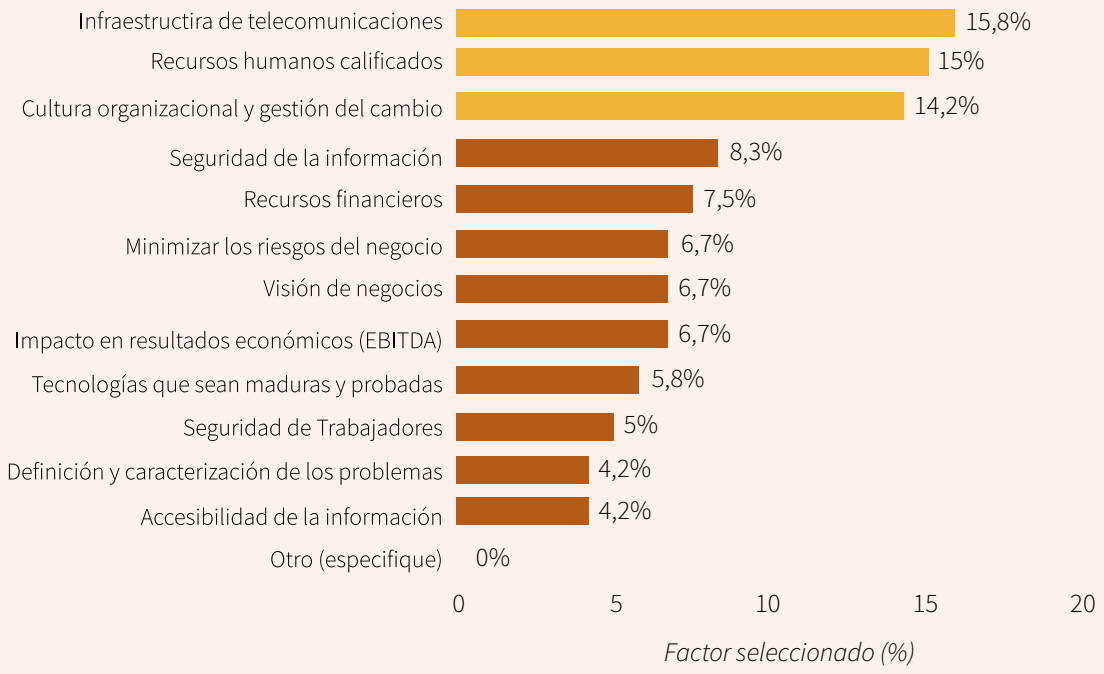



Investigar sobre la visión de las empresas proveedoras de soluciones digitales a la minería respecto a los desafíos que buscan resolver, las respuestas de los representantes de las empresas encuestadas se encuentran divididas en los siguientes aspectos: aumentar productividad mediante automatización de procesos (25%); elevar la capacidad de captura, procesamiento y análisis de datos para el monitoreo de procesos (22%); y mejorar el desempeño de la gestión de mantenimiento (19%). Cabe mencionar que los desafíos como la reducción de riesgos y seguridad, gestión del medio ambiente y mejorar la comunicación dentro de las empresas, que pudieran ser abordados o resueltos mediante el uso de las nuevas tecnologías digitales no tuvieron mayor puntuación dentro de las empresas TICAR. La menor relevancia que le otorgan las empresas TICAR a los desafíos medio ambientales de la industria minera contrasta con la importancia que las compañías mineras le otorgan a esta área, en la cual las operaciones enfrentan múltiples desafíos y riesgos permanentes.

Por otra parte, al consultar por el componente de innovación asociado a la incorporación de soluciones digitales, un 88% de los encuestados pertenecientes a las compañías mineras indica que es muy importante o importante para el proceso de transformación digital. Lo anterior lo corroboran las empresas proveedoras de tecnología (TICAR) donde un 84% señala que para el cliente este elemento es importante o muy importante.

Si bien la incorporación de las tecnologías digitales en los procesos mineros ya es una realidad en Chile y se observa un desarrollo favorable en los ámbitos de IoT, automatización y sistemas de operación integrada, se enfrentan barreras importantes o restricciones que afectan la implementación de dichas tecnologías (ver Gráfico 3). En efecto, los encuestados señalan que las principales barreras están asociadas a los siguientes factores: infraestructura de telecomunicaciones (16%); recursos humanos calificados (15%); cultura organizacional y gestión del cambio (14%) y seguridad de la información (8%).

**Gráfico 3. Factores que consideran críticos para la implementación de tecnologías digitales.**




Por su parte, este mismo análisis para las empresas TICAR indicó que las principales barreras se asocian a problemas de integración (17%); una cultura organizacional resistente al cambio (15%); y los potenciales riesgos que genera el uso de una nueva tecnología (12%).

## 6.2.2 Tecnologías digitales y procesos productivos

Como lo indica el estudio de Fuerza Laboral de La Gran Minería Chilena, 2021-2030: Diagnóstico y recomendaciones (2021), elaborado por el Consejo de Competencias Mineras, en la cadena de valor de la industria minera existen tres grandes procesos que corresponden a Extracción, Procesamiento y Mantenimiento. A estos procesos se suman también las actividades de Exploración y Sondaje, Perforación y Tronadura, Fundición y Refinería y CIO. Considerando esta cadena de valor como marco de referencia, se consultó a los encuestados de las compañías mineras en cuáles de estos procesos se tiene planificado incorporar tecnologías digitales en los próximos 3 años, situación que se resume en la tabla 6-1.

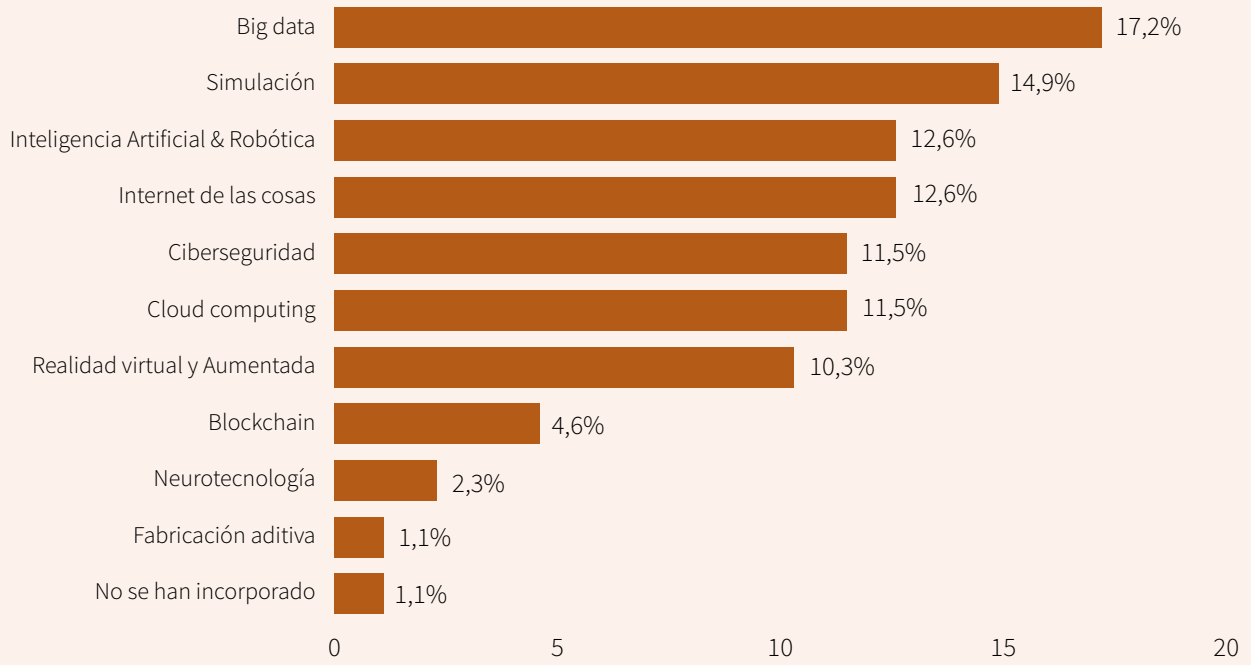
**Tabla 6-1: Procesos productivos y servicios de apoyo en los cuáles su compañía tiene planificado incorporar tecnologías digitales en los próximos 3 años.**

| Proceso / Relevancia | Mayor | Mediana | Baja |
|---|---|---|---|
| Exploración y Sondaje. | 22% | 39% | 39% |
| Perforación y Tronadura. | 22% | 48% | 30% |
| Extracción (carguío y Transporte). | 39% | 52% | 9% |
| Procesamiento de minerales (Línea Óxidos y Línea Sulfuros). | 35% | 57% | 9% |
| Fundición y Refinería. | 0% | 26% | 74% |
| Mantenimiento de equipos y sistemas. | 39% | 48% | 13% |
| Centro Integrado de Operaciones (CIO). | 43% | 30% | 26% |

En opinión de los encuestados, los procesos en los cuales se tiene planificado incorporar tecnologías digitales en un futuro cercano corresponden a: Centro Integrado de Operaciones (43%), Extracción (39%); Mantenimiento de equipos y sistemas (39%). Al mismo tiempo, se menciona el Procesamiento de minerales con una relevancia mediana. En la práctica, han sido en estos procesos donde se presenta una mayor incorporación de soluciones digitales en los últimos años. Esta priorización es coincidente con la relevancia que se le otorga a estos procesos el estudio de la Fuerza Laboral elaborado por la Consejo de Competencias Mineras (CCM, 2021). Por su parte, en las áreas donde no se advierte una mayor incorporación de nuevas tecnologías digitales, al menos en los próximos tres años, son principalmente Exploración y Sondaje, Perforación y Tronadura y Fundición y Refinería.

Respecto a las tecnologías digitales que están siendo incorporadas a los procesos mineros, los encuestados destacan las soluciones relacionadas a Big Data, Simulación, Inteligencia Artificial y Robótica, Internet de las Cosas, Ciberseguridad, Cloud Computing, y Realidad Virtual y Aumentada, entre las más relevantes.

**Gráfico 4. Tecnologías digitales incorporadas a los procesos mineros.**




En este escenario, se puede afirmar que la incorporación de tecnologías digitales en la industria minera, según la opinión de los entrevistados, se encuentra en un nivel intermedio en el caso de la Gran Minería, y en un nivel inferior en la Mediana Minería, segmento en el cual un 40% de los encuestados señalan que está aún en un nivel básico. Por su parte, este esfuerzo se ve afectado por algunos factores críticos o barreras relacionadas a la infraestructura de telecomunicaciones, recursos humanos calificados, cultura organizacional y gestión del cambio, y seguridad de la información. Respecto a los procesos donde se está planificando incorporar soluciones digitales en el corto plazo se mencionan mayoritariamente: Centro Integrado de Operaciones (CIO), Extracción (carguío y transporte), Mantenimiento de equipos y sistemas, y con menos intensidad en el área de Procesamiento. Finalmente, dentro de los tipos de tecnologías digitales que debieran ser incorporadas en los procesos mineros se destacan: BigData, Simulación, Inteligencia Artificial y Robótica, Internet de las Cosas, Ciberseguridad, Cloud Computing, y Realidad Virtual y Aumentada.

## 6.3 Identificar las tecnologías digitales más relevantes según procesos productivos mineros (OE2).

En relación a las tecnologías digitales que tendrían mayor potencial de ser introducidas a los procesos productivos, y en base a la información levantada, a través de la encuesta, se pueden identificar algunos procesos que resultan prioritarios para la transformación e incorporación de dichas tecnologías digitales. En esta sección, y a partir de las opiniones de los encuestados que se desempeñan en compañías mineras, se identifican estas tecnologías y la importancia que presentan para los procesos productivos más relevantes de la cadena de valor minera como se puede observar en la Tabla 6 2.

**Tabla 6-2 Tecnologías digitales más relevantes de desarrollar según proceso productivo.**

| Proceso / Tecnología digital | Exploración y Sondaje | Perforación y Tronadura | Extracción | Procesamiento de Minerales | Fundición y Refinería | Mantenimien-to de equipos y sistemas | CIO | NA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Internet de las cosas. | 14% | 9% | 18% | 7% | 12% | 9% | 10% | 4% |
| Inteligencia Artificial & Robótica. | 7% | 20% | 2% | 7% | 4% | 9% | 10% | 8% |
| Simulación. | 10% | 18% | 22% | 10% | 8% | 11% | 4% | 5% |
| Big data. | 14% | 7% | 10% | 14% | 8% | 15% | 21% | 4% |
| Ciberseguridad. | 12% | 14% | 10% | 14% | 12% | 12% | 21% | 9% |
| Cloud computing. | 14% | 7% | 8% | 10% | 16% | 8% | 12% | 9% |
| Blockchain. | 7% | 2% | 2% | 10% | 4% | 8% | 12% | 13% |
| Fabricación aditiva. | 5% | 7% | 10% | 10% | 12% | 5% | 2% | 19% |
| Neurotecnología. | 7% | 2% | 2% | 7% | 4% | 6% | 2% | 20% |
| Realidad Virtual y Aumentada. | 10% | 14% | 14% | 12% | 20% | 18% | 8% | 8% |
| | 100% | | | | | | | |

Como se muestra en la Tabla 6-2, las tecnologías digitales asociadas a Inteligencia Artificial y Robótica presentan un mayor interés en los procesos de Perforación y Tronadura (20%), como también la Simulación para los procesos de Extracción. Por su parte, la tecnología de Big Data y Ciberseguridad, ambas con una ponderación de 21%, son destacadas como más relevantes para los CIO, y las soluciones de Realidad Virtual y Aumentada (20%) para los procesos de Fundición y Refinería. Este cruce entre tecnologías y procesos, permite ciertamente identificar prioridades y entrega una orientación en cuanto a dónde se deben focalizar los esfuerzos en el corto plazo y sus implicancias en términos de desarrollo de capacidades y fortalecimiento del capital humano.

En el marco de los principales procesos de la cadena de valor minera, y en particular el proceso de Extracción (carguío y transporte), las tecnologías digitales que se mencionan como más relevantes, serían Simulación (22%), Internet de las cosas (18%) seguida por Realidad Virtual y Aumentada (14%). Para mantenimiento de equipos y sistemas las tecnologías más relevantes, de acuerdo con la opinión de los encuestados, son Realidad Virtual y Aumentada (18%) y Big data (15%). En Procesamiento de minerales, destacan Big Data y Ciberseguridad (ambas con un 14%) y algo similar sucede con Centro Integrado de Operaciones (CIO), donde estas tecnologías reciben una mayor ponderación (21%).

Por su parte, al revisar las opiniones entregadas por los representantes de empresas proveedoras de soluciones digitales a la minería, en relación al mayor potencial existente para éstas según el proceso, las prioridades difieren en comparación a la visión que entregan los encuestados de las compañías mineras. (ver Tabla 6-3).

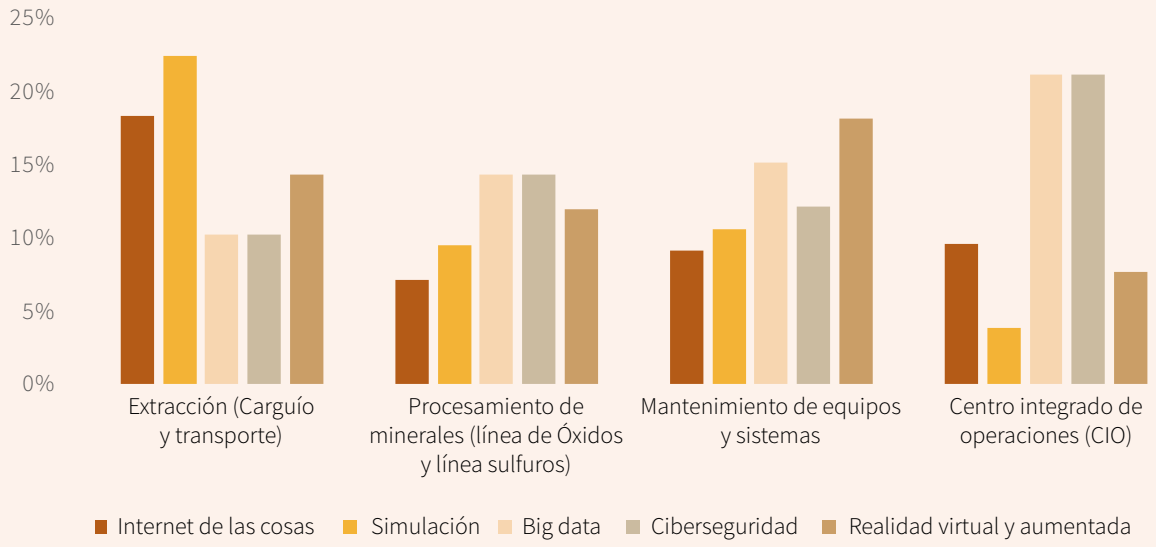
**Tabla 6-3 Tecnologías digitales más relevantes de desarrollar según proceso productivo respuestas empresas TICAR.**

| Proceso / Tecnología digital | Exploración y Sondaje | Perforación y Tronadura | Extracción | Procesamiento | Fundición y Refinería | Mantenimiento de equipos y sistemas | CIO | NA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Internet de las cosas. | 18% | 21% | 15% | 18% | 21% | 16% | 9% | 0% |
| Inteligencia Artificial & Robótica. | 27% | 21% | 20% | 27% | 16% | 16% | 9% | 3% |
| Simulación. | 14% | 17% | 5% | 0% | 11% | 10% | 11% | 9% |
| Big data. | 9% | 8% | 15% | 14% | 11% | 3% | 13% | 9% |
| Ciberseguridad. | 5% | 4% | 5% | 14% | 11% | 16% | 17% | 0% |
| Cloud computing. | 9% | 8% | 10% | 9% | 5% | 19% | 15% | 6% |
| Blockchain. | 5% | 0% | 5% | 5% | 5% | 3% | 9% | 18% |
| Fabricación aditiva. | 0% | 0% | 0% | 0% | 5% | 0% | 2% | 21% |
| Neurotecnología. | 0% | 0% | 5% | 0% | 0% | 0% | 7% | 24% |
| Realidad Virtual y Aumentada. | 14% | 21% | 20% | 14% | 16% | 16% | 9% | 9% |
| | 100% | | | | | | | |

Como se observa en la Tabla 6-3, las soluciones digitales asociadas a Internet de las cosas, Inteligencia Artificial & Robótica, Realidad Virtual y Aumentada, y Simulación son aquellas que mayor relevancia le otorgan los encuestados pertenecientes a las empresas TICAR. Al mismo tiempo, no reconocen la Simulación como una tecnología relevante para los procesos mineros, a excepción de Perforación y Tronadura.

A modo de resumen, en el se presentan las tecnologías consideradas más relevantes según los procesos de la cadena de valor principal de la industria, según las compañías mineras. Tecnologías como Inteligencia Artificial & Robótica, Cloud Computing, Blockchain, Fabricación aditiva y Neurotecnología tendrían menor importancia en estos procesos.

**Gráfico 5. Tecnologías digitales más relevantes de desarrollar según proceso productivo**




Al realizar una comparación entre las opiniones emitidas por los especialistas de las compañías y de las empresas TICAR (ver Tabla 6-4), se observan algunas diferencias en la valoración del potencial de las tecnologías respecto a su aplicación en determinados procesos. En este contexto, para las empresas TICAR la Inteligencia Artificial y Robótica resultan más relevantes para el proceso de Extracción (20%), como también para el caso de procesamiento de minerales.

Como se observa, para las empresas TICAR valoran Internet de las cosas e Inteligencia Artificial como la tecnología más importante para el proceso de Extracción, mientras que las empresas mineras no hay una preferencia clara entre las tecnologías digitales. Para el caso de las actividades de mantenimiento, nuevamente las tecnologías más relevantes para las empresas proveedoras de soluciones digitales son Internet de las cosas e Inteligencia Artificial (16% ambas) a las que se suman Cloud Computing (19%) y Realidad Aumentada (16%), la cual también es valorada por las compañías mineras (18%). Por su parte, en el proceso de CIO, las soluciones de Big data, Ciberseguridad y Cloud computing, son consideradas tanto por las empresas mineras como TICAR dentro de las más relevantes.

**Tabla 6-4. Comparación de tecnologías digitales más relevantes de desarrollar según proceso productivo**

| Proceso / Tecnología digital | Extracción (carguío y transporte) | | Procesamiento de minerales (óxidos y sulfuros) | | Mantenimiento de equipos y sistemas | | Centro Integrado de Operaciones (CIO) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Mineras | Ticar | Mineras | Ticar | Mineras | Ticar | Mineras | Ticar |
| Internet de las cosas. | 18% | 15% | 7% | 18% | 9% | 16% | 10% | 9% |
| Inteligencia Artificial & Robótica. | 2% | 20% | 7% | 27% | 9% | 16% | 10% | 9% |
| Simulación. | 22% | 5% | 10% | 0% | 11% | 10% | 4% | 11% |
| Big data. | 10% | 15% | 14% | 14% | 15% | 3% | 21% | 13% |
| Ciberseguridad. | 10% | 5% | 14% | 14% | 12% | 16% | 21% | 17% |
| Cloud computing. | 8% | 10% | 10% | 9% | 8% | 19% | 12% | 15% |
| Blockchain. | 2% | 5% | 10% | 5% | 8% | 3% | 12% | 9% |
| Fabricación aditiva. | 10% | 0% | 10% | 0% | 5% | 0% | 2% | 2% |
| Neurotecnología. | 2% | 5% | 7% | 0% | 6% | 0% | 2% | 7% |
| Realidad Virtual y Aumentada. | 14% | 20% | 12% | 14% | 18% | 16% | 8% | 9% |
| | 100% | | | | | | | |

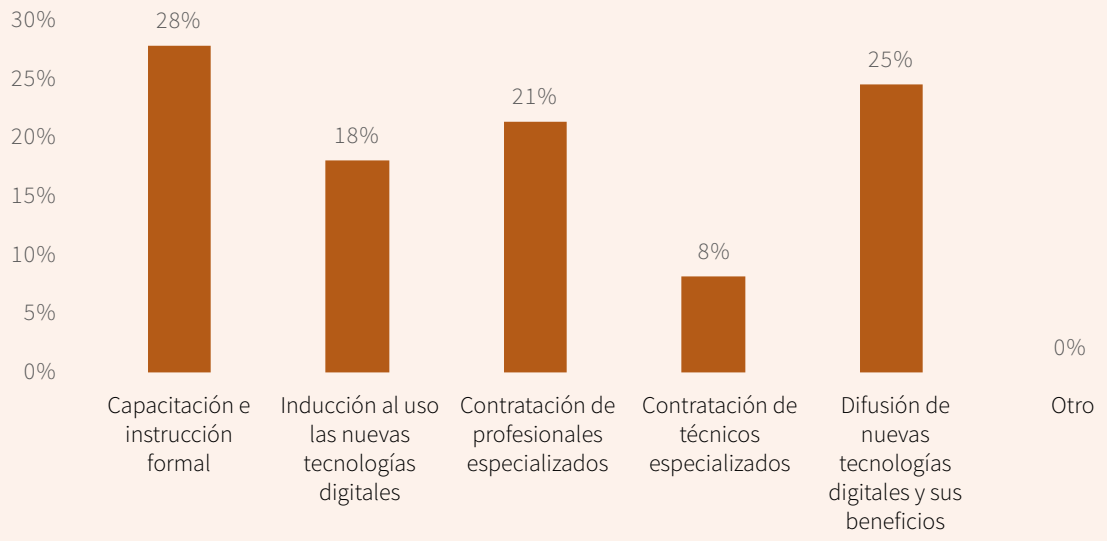
Respecto a los factores y barreras que aparecen como más relevantes frente al proceso de incorporación de estas nuevas tecnologías (ver Tabla 6-5), las compañías mineras señalan que los factores culturales o la resistencia al cambio es la variable que tiene mayor ponderación, junto a la falta de conocimientos y competencias del recurso humano, el nivel de confiabilidad en estas tecnologías, así como también el hecho de que no están integradas a los procesos. Por otro lado, las empresas TICAR coinciden con las compañías mineras en que un factor gravitante es el recurso humano calificado (17%) y la cultura organizacional y gestión del cambio (15%). Agregan también, que la seguridad de la información (12%) y la infraestructura de telecomunicaciones como factores a considerar en la implementación de estas tecnologías en los proceso mineros.

**Tabla 6-5. Barreras o dificultades para la incorporación de tecnologías digitales.**
según las compañías mineras.

| Barrera / Relevancia: | Mayor | Mediana | Baja | |
|---|---|---|---|---|
| Culturales (resistencia al cambio). | 39% | 48% | 13% | 100% |
| Falta de conocimientos del recurso humano. | 17% | 65% | 17% | |
| Falta de competencias del recurso humano. | 9% | 57% | 35% | |
| Las tecnologías digitales o 4.0 no son confiables. | 4% | 48% | 48% | |
| Las tecnologías digitales o 4.0 no están totalmente integradas a los procesos. | 9% | 52% | 39% | |
| Falta infraestructura habilitante. | 22% | 30% | 48% | |

A la existencia de barreras que tienden a obstruir la incorporación de las tecnologías digitales a los procesos productivos de la minería, los especialistas de las compañías mineras señalan que se trabaja en contrarrestarlas mediante diversas acciones, entre las que destacan la capacitación e instrucción formal (28%), la difusión de nuevas tecnologías digitales y sus beneficios (25%) y la contratación de profesionales especializados (21%), como las principales.

**Gráfico 6. Acciones que realizan las compañías mineras.**

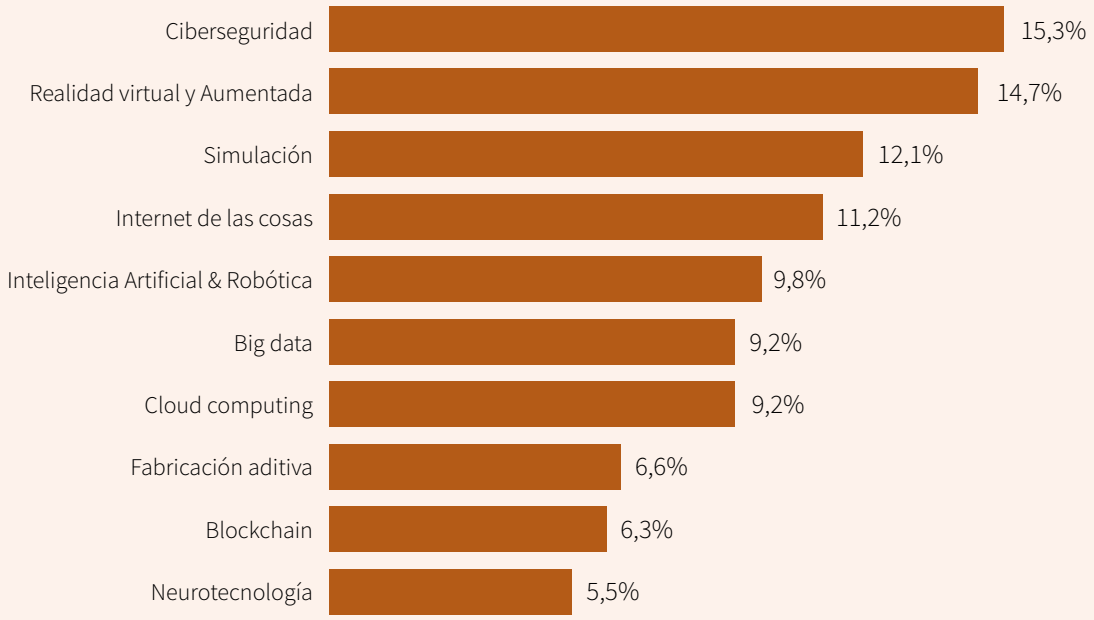



Estos resultados coinciden con las recomendaciones que hace el CCM - Eleva en su informe de Fuerza Laboral 2021, en el cual se recomiendan tres líneas de acción para poder avanzar en el proceso de transformación digital. La primera de ellas está relacionada con la formación profesional de la fuerza laboral actual, aumentando sus competencias digitales a través de la capacitación. El segundo lineamiento está asociado a la reconversión de la fuerza laboral que presenta una mayor debilidad frente al uso de las nuevas tecnologías y el tercer lineamiento se asocia a la incorporación de nuevos talentos, a través de un trabajo conjunto entre la industria y los proveedores de servicios.

En resumen, y como resultado de este análisis, las principales tecnologías que han sido identificadas en este estudio y que debieran ser incorporadas a los procesos productivos de la minería, según la opinión de los profesionales de las compañías mineras y de las empresa TICAR que fueron encuestados serían: Internet de las cosas, Inteligencia Artificial & Robótica, Simulación, Big data, Ciberseguridad, Cloud computing y Realidad Virtual y Aumentada. Este esfuerzo de implementación e integración puede verse afectado por el nivel de calificación y competencias que presenta el capital humano en el ámbito tecnológico, junto a una cultura organizacional resistente al cambio. Las acciones que están realizando para superar estos obstáculos son, principalmente, la formación de los trabajadores a través de la capacitación e instrucción formal, la difusión del impacto positivo de la incorporación de nuevas tecnologías a los procesos y la contratación de profesionales especializados.

## 6.4 Caracterizar las competencias digitales, considerando procesos y funciones, acorde a cambios tecnológicos en minería (OE3).

**Gráfico 7. Conocimientos que debiera tener el Capital Humano a nivel agregado, según las compañías mineras**




Al desagregar estos resultados según estamento o rol dentro de la organización, es posible conocer la opinión de los encuestados pertenecientes a las compañías mineras sobre los conocimientos que debe tener el recurso humano en cada uno de estos roles. En este sentido, se indica que los profesionales deben conocer principalmente sobre Big Data y Ciberseguridad; los Supervisores sobre Ciberseguridad; los Operadores deben tener conocimiento de Realidad virtual y aumentada, Simulación y Ciberseguridad; los Mantenedores deben conocer sobre Realidad virtual y aumentada, Internet de las cosas y Simulación. También se indica que no es relevante el desarrollo de conocimientos sobre tecnologías como la Neurotecnología, la Fabricación aditiva y el Blockchain.

**Tabla 6-6. Conocimiento del Capital Humano por estamento**
según las compañías mineras

| Estamentos / Tecnología Digital | Profesionales | Supervisores | Operadores | Mantenedores | Otros | No aplica |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Internet de las cosas. | 7% | 13% | 11% | 18% | 6% | 6% |
| Inteligencia Artificial & Robótica. | 13% | 10% | 7% | 9% | 0% | 6% |
| Simulación. | 8% | 10% | 20% | 18% | 6% | 0% |
| Big data. | 16% | 13% | 0% | 0% | 11% | 0% |
| Ciberseguridad. | 15% | 16% | 16% | 13% | 22% | 3% |
| Cloud computing. | 13% | 11% | 4% | 3% | 17% | 13% |
| Blockchain. | 10% | 4% | 5% | 1% | 11% | 19% |
| Fabricación aditiva. | 5% | 4% | 7% | 10% | 11% | 23% |
| Neurotecnología. | 7% | 8% | 2% | 1% | 11% | 26% |
| Realidad Virtual y Aumentada. | 7% | 10% | 29% | 25% | 6% | 3% |
| | 100% | | | | | |

En línea con el análisis anterior, se presenta en la Tabla 6-7 una comparación por las compañías mineras y por las TICAR, enfrentadas a esta misma pregunta señalando aquellos conocimientos más relevantes por cada estamento. Como se observa, la visión de los encuestados difiere en cuanto al tipo de tecnologías en las cuales cada uno debería contar con los conocimientos necesarios. Son Simulación, Realidad virtual y aumentada e Internet de las cosas. Esto plantea un desafío importante tanto para las compañías mineras y empresas tecnológicas, en el sentido de establecer ciertos estándares y lineamientos comunes sobre las capacidades, conocimientos y competencias del capital humano que se desempeñe en el sector minero.

**Tabla 6-7. Comparación sobre Conocimiento del Capital Humano por estamento**

| Estamentos | Compañías Mineras | Empresas TICAR |
|---|---|---|
| Profesionales. | • Big Data<br>• Ciberseguridad | Internet de las cosas |
| Supervisores. | • Ciberseguridad<br>• Big Data<br>• Internet de las cosas | Inteligencia Artificial & Robótica<br>Simulación<br>Realidad Virtual y aumentada |
| Operadores. | • Simulación<br>• Realidad virtual y aumentada<br>• Ciberseguridad | Simulación<br>Realidad virtual y aumentada |
| Mantenedores. | • Simulación<br>• Realidad virtual y aumentada<br>• Internet de las cosas | Simulación<br>Realidad virtual y aumentada |

Para lograr una mayor especificidad en cuanto a las competencias requeridas por el capital humano de la industria minera, se solicitó también a los encuestados que clasificaran un listado de competencias según su carácter funcional o transversal (ver Tabla 6-8).

**Tabla 6-8. Competencias consultadas en las encuestas**

| Competencias | De carácter funcional | Transversales |
|---|---|---|
| Diseño y modelado | | |
| Toma de decisiones | | |
| Trabajo colaborativo | | |
| Alfabetización digital | | |
| Planificación de alto nivel | | |
| Gestión del cambio | | |
| Pensamiento sistémico | | |
| Pensamiento crítico | | |
| Razonamiento lógico y matemático | | |
| Creatividad e innovación | | |
| Resolución de problemas | | |
| Recopilación de información y análisis de datos | | |
| Metodología AGIL | | |
| Ciberseguridad | | |

*Elaboración propia en base a: CCM, FCH y DIGCOM*

A nivel agregado, las compañías mineras señalan que las principales competencias de carácter transversal que sus trabajadores deben tener se relacionan con aspectos como la resolución de problemas, el trabajo colaborativo, la creatividad e innovación y el pensamiento crítico. En el caso de las competencias funcionales, se destacan el diseño y modelado, la alfabetización digital, la planificación, la gestión del cambio, la metodología AGIL y la ciberseguridad.

**Tabla 6-9. Competencias del Capital Humano a nivel agregado**

| Competencias | Priorización | De carácter funcional | Transversales |
|---|---|---|---|
| Resolución de problemas | 10,3% | | |
| Trabajo colaborativo | 8,9% | | |
| Creatividad e innovación | 8,6% | | |
| Pensamiento crítico | 8,5% | | |
| Pensamiento sistémico | 8,1% | | |
| Alfabetización digital | 7,8% | | |
| Razonamiento lógico y matemático | 7,8% | | |
| Ciberseguridad | 7,2% | | |
| Gestión del cambio | 6,9% | | |
| Recopilación de información y análisis de datos | 6,5% | | |
| Metodología AGIL | 6,1% | | |
| Toma de decisiones | 5,1% | | |
| Planificación de alto nivel | 4,6% | | |
| Diseño y modelado | 3,7% | | |
| | 100% | | |

Ante el análisis de las competencias relevantes o que son requeridas por cada estamento se puede observar en la tabla 6.10, que según la opinión de los entrevistados pertenecientes a las compañías mineras, los Profesionales debieran contar principalmente con competencias en Planificación de alto nivel (9%) y Pensamiento sistémico (9%); los Supervisores en resolución de problemas (9%), Creatividad e innovación (9%); los Operadores en resolución de problemas (15%), Alfabetización digital (14%), Trabajo colaborativo (13%), Pensamiento crítico (10%), Creatividad e innovación (10%); los Mantenedores en resolución de problemas (14%), Alfabetización digital (13%), Trabajo colaborativo (11%), Pensamiento crítico (10%), Razonamiento lógico y matemático (9%) y Creatividad e innovación (9%). El diseño y modelado (57%), ciberseguridad (29%) y metodología AGIL (14%) no se consideran como competencias necesarias a ser desarrolladas por los trabajadores.

**Tabla 6-10 Competencias del Capital Humano por estamento**

| Estamentos / Competencias | Profesionales | Supervisores | Operadores | Mantenedores | Otros | No aplica |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Diseño y modelado | 6% | 4% | 1% | 1% | 5% | 57% |
| Toma de decisiones | 7% | 7% | 2% | 2% | 5% | 0% |
| Trabajo colaborativo | 6% | 8% | 13% | 11% | 5% | 0% |
| Alfabetización digital | 4% | 6% | 14% | 13% | 5% | 0% |
| Planificación de alto nivel | 9% | 5% | 0% | 1% | 5% | 0% |
| Gestión del cambio | 8% | 7% | 6% | 6% | 10% | 0% |
| Pensamiento sistémico | 9% | 8% | 7% | 8% | 10% | 0% |
| Pensamiento crítico | 7% | 8% | 10% | 10% | 5% | 0% |
| Razonamiento lógico y matemático | 8% | 7% | 8% | 9% | 10% | 0% |
| Creatividad e innovación | 7% | 9% | 10% | 9% | 10% | 0% |
| Resolución de problemas | 7% | 9% | 15% | 14% | 5% | 0% |
| Recopilación de información y análisis de datos | 7% | 7% | 4% | 6% | 10% | 0% |
| Metodología AGIL | 8% | 8% | 4% | 4% | 5% | 14% |
| Ciberseguridad | 8% | 8% | 6% | 6% | 14% | 29% |

A continuación, en la Tabla 6-11 se comparan las respuestas entregadas por los representantes de las compañías mineras y de las empresas TICAR, en relación a las competencias que son consideradas como más relevantes por estamento. Como se puede observar, a diferencia de la opinión expresada sobre los conocimientos, la opinión manifestada por las compañías mineras y las empresas TICAR son bastante coincidentes. En particular, entre estos aspectos destacan: la Resolución de problemas, el Trabajo colaborativo, la Creatividad e innovación y el Pensamiento crítico como aquellas competencias que son requeridas por el capital humano del sector y que pueden facilitar la implementación de las nuevas tecnologías digitales.

**Tabla 6-11. Comparación sobre Competencias del Capital Humano por Rol**

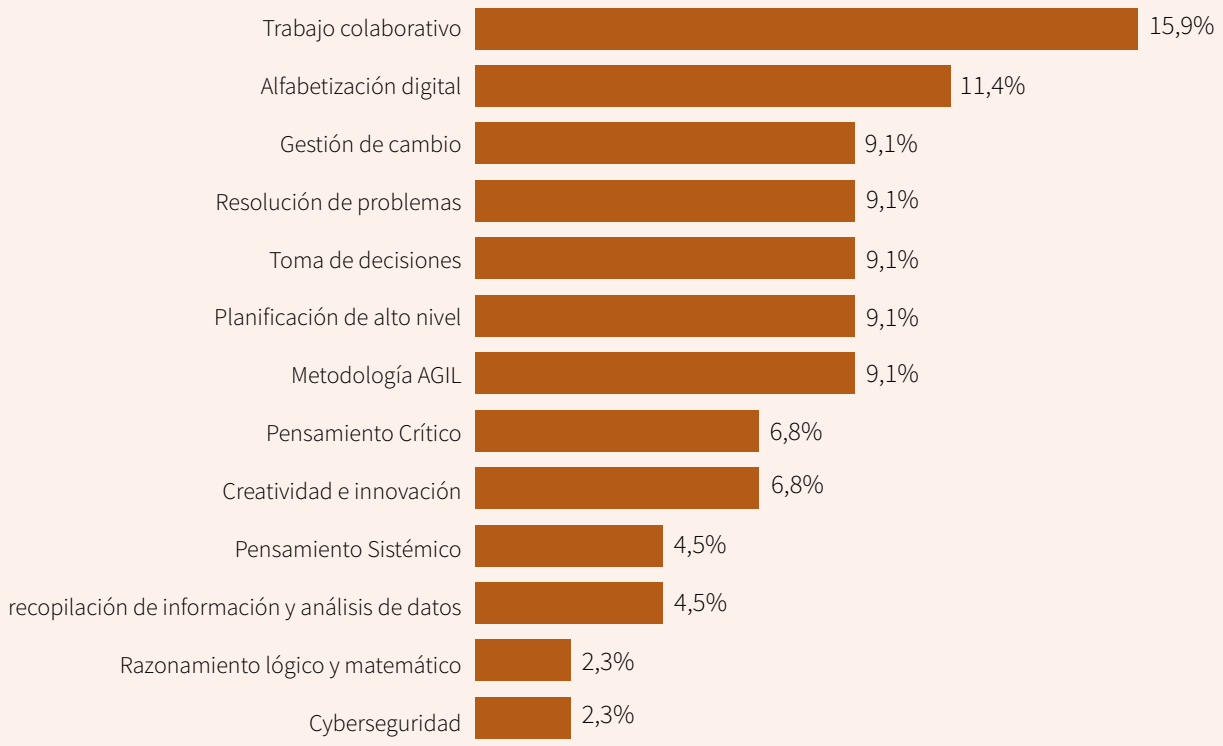
| Rol | Empresas Mineras | TICAR |
|---|---|---|
| Profesionales | • Planificación de alto nivel<br>• Pensamiento sistémico | • Planificación de alto nivel |
| Supervisores | • Creatividad e innovación<br>• Resolución de problemas | • Creatividad e innovación<br>• Resolución de problemas<br>• Trabajo colaborativo |
| Operadores | • Resolución de problemas<br>• Alfabetización digital<br>• Trabajo colaborativo<br>• Pensamiento crítico<br>• Creatividad e innovación | • Resolución de problemas<br>• Alfabetización digital<br>• Trabajo colaborativo<br>• Pensamiento crítico<br>• Creatividad e innovación |
| Mantenedores | • Resolución de problemas<br>• Alfabetización digital<br>• Trabajo colaborativo<br>• Creatividad e innovación<br>• Pensamiento crítico<br>• Razonamiento lógico y matemático | • Resolución de problemas<br>• Alfabetización digital<br>• Trabajo colaborativo<br>• Creatividad e innovación |

En el ámbito de la adopción de nuevos conocimientos y competencias por parte del capital humano en general, se advierte la necesidad de contar con un modelo que permita identificar las brechas existentes de una manera objetiva y comparable, permitiendo así focalizar los programas de desarrollo laboral y profesional ya sea a través de capacitación o educación formal. En relación a este aspecto que tiene que ver con la forma en que se gestiona el desarrollo del capital humano al interior de las organizaciones, y si se dispone de un modelo de gestión que identifique y mida las brechas existentes frente a la incorporación y uso de herramientas digitales en los procesos productivos y servicios de apoyo a la operación, la mayoría de los encuestados pertenecientes a las compañías (61%) declaran no tener un modelo. Si se analiza este dato según el tamaño de la empresa, el 80% de las compañías medianas manifiestan no tener un modelo de gestión de identificación de brechas, y en el caso de las compañías grandes tanto nacional como privadas, un 46% declara no contar con uno.

Respecto a las compañías mineras que sí cuentan con un modelo de gestión para la identificación de brechas, señalaron que las principales limitantes de competencias de sus trabajadores están relacionadas a habilidades y herramientas tales como: el Trabajo colaborativo, la Alfabetización digital, la Gestión del cambio, la Resolución de problemas, la Toma de decisiones, la Planificación de alto nivel y Metodología AGIL.

Sin duda, la falta de implementación de modelos de gestión de capital humano al interior de las organizaciones aparece también como una limitante al momento de adoptar nuevas tecnologías y abordar las tareas de capacitación y desarrollo de competencias digitales específicas entre sus equipos de trabajo.

**Gráfico 8. Identificación de brechas.**




Frente a un escenario de transformación digital resulta crítico conocer el nivel de capacidades y competencias que alcanzan hoy quienes se desempeñan en las compañías mineras para definir planes y acciones que contribuyan a fortalecer y cerrar brechas existentes. En relación a este aspecto, un 48% de los encuestados opina que el capital humano de la organización se encuentra en proceso de aprendizaje, y un 39% señala que tiene o cuenta con algunas de las competencias necesarias. Por su parte, las empresas TICAR opinan algo similar y señalan que un 55% de los trabajadores poseen alguna habilidad para desempeñarse en un ambiente de "Minería 4.0", al mismo tiempo que un 45% de los encuestados señala que están en proceso de aprendizaje.

A la necesidad de fortalecer el capital humano en el desarrollo de competencias digitales específicas, se consultó a las compañías mineras sobre la modalidad a través de la cual ejecutarían programas de formación. Al respecto, un 25% de los encuestados señaló que prefieren realizarlos de forma interna mientras que un 24% menciona que lo harían con el apoyo de una entidad externa. Adicionalmente, un 19% especifica que las acciones de capacitación y desarrollo de competencias las realizará a través de un OTEC, IP/CFT u otro organismo. En este estudio no se aborda directamente la reconversión del capital humano, sin embargo, se puede deducir que las compañías mineras sí están incorporando en sus estrategias de desarrollo del capital humano modelos de gestión de brechas y ofreciendo oportunidades formativas a sus trabajadores para nivelar sus capacidades y competencias, frente a un escenario de transformación digital.

En resumen, y de acuerdo a este análisis los principales conocimientos que el capital humano debiera tender a adquirir están referidos a Ciberseguridad, Big Data, Realidad Virtual y Aumentada, Simulación e Internet de las cosas (IoT). Mientras que las competencias transversales a desarrollar priorizadas fueron Trabajo colaborativo, Alfabetización digital, Gestión del cambio, Resolución de problemas, Toma de decisiones, Planificación de alto nivel y Metodología AGIL.

## 6.5 Caracterización de los perfiles de competencias MCTP, Sector Minería (OE4)

Con el propósito de profundizar en los aspectos formativos y lograr una mejor compresión sobre fundamentos y criterios que deben ser considerados para un trabajo de caracterización de perfiles de competencias digitales específicos, se consultó a la compañías mineras su opinión respecto a los actuales perfiles, en el sentido de si éstos incorporan aquellos aspectos o contenidos que los trabajadores necesitan para desempeñarse en el entorno de transformación digital de los procesos productivos. Respecto a esta consulta, un 48% de los encuestados señala que los actuales perfiles incorporan los contenidos que los trabajadores necesitan para una Minería 4.0, mientras que un 26% manifiesta que no los incorporan.

Por su parte, y respecto a este punto, los representantes de las empresas TICAR indicaron que para asegurar un adecuado uso y aprovechamiento de las soluciones digitales se requería de un conjunto de aprendizajes como lo son: Conocimientos formales de las tecnologías, Aplicación de soluciones en ambientes virtuales, Entrenamiento y Certificación de competencias. Adicionalmente, los encuestados señalaron que debían también incluirse en programas de formación de los técnicos y profesionales que se desempeñen en el contexto de una "Minería 4.0", conocimientos sobre Inteligencia Artificial & Robótica, Internet de las cosas, Simulación, Big data y Realidad Virtual y Aumentada.

Dentro de esta misma temática, se solicitó a las compañías mineras priorizar aquellos procesos y servicios de apoyo en los cuales la compañía ha incorporado tecnologías digitales o tiene planificado incluirlas en los próximos tres años, en que requiere levantar nuevos perfiles o actualizar los existentes. Procesos destacados por las compañías mineras, con mayor y mediana relevancia, para la revisión de los perfiles de competencias fueron: Centro Integrado de Operaciones (CIO), Mantenimiento de Equipos-Sistemas, Extracción (Carguío y Transporte) y Procesamiento de Minerales (Óxido y Sulfuros).

**Tabla 6-12. Priorización de procesos para la actualización y levantamiento de perfiles.**

| Relevancia | Mayor | Mediana | Baja |
|---|---|---|---|
| Exploración y Sondaje | 9% | 43% | 48% |
| Perforación y Tronadura | 22% | 30% | 48% |
| Extracción (Carguío y Transporte) | 26% | 65% | 9% |
| Procesamiento de minerales (Óxidos y Sulfuros) | 9% | 91% | 0% |
| Fundición y Refinería | 4% | 35% | 61% |
| Mantenimiento de equipos y sistemas | 61% | 26% | 13% |
| Centro Integrado de Operaciones (CIO) | 70% | 9% | 21% |

A partir de estas consideraciones, se puede advertir que producto de la velocidad del cambio tecnológico y de las transformaciones que está experimentando la minería local en la incorporación de soluciones y herramientas digitales, es clave actualizar en forma permanente los programas formativos y los perfiles de competencia que la industria demanda.

# 6.6 Resumen y conclusiones a partir de resultados de encuestas

## 6.6.1 Información general: Estrategia de RRHH

| Compañías Mineras | Empresas TICAR |
| --- | --- |
| • Las compañías consideran que los 3 aspectos más importantes en los cuales focalizarán la gestión de negocio en los próximos 5 años son: i) reducir riesgos de accidentes en los trabajadores, ii) aumentar la productividad mediante automatización de procesos y iii) mejorar la gestión ambiental y reducir impacto.<br>• En relación al desarrollo del capital humano al interior de las compañías, la mayoría de ellas posee una política de desarrollo clara y un plan anual de capacitación financiado mayoritariamente por recursos propios de la empresa.<br>• Las tres áreas principales donde han focalizado la capacitación en los últimos 3 años son: i) Seguridad, ii) Gestión Operacional y iii) Tecnologías digitales. Y en los próximos 3 años seguirán enfocadas en las mismas tres áreas más el área de Tecnologías operacionales. | • La mitad de las empresas de TICAR encuestadas posee como estrategia para identificar oportunidades en la industria minera, las respuestas a solicitudes o requerimientos del cliente, mientras que la otra mitad menciona que la estrategia se basa en la participación en procesos de licitación.<br>• La mayor parte de las empresas TICAR indica que poseen un área de negocios especializada en la industria minera, enfocada en conocer las necesidades reales de las empresas mineras en donde la mayoría de ellas refieren que presta servicios a la industria minera focalizada en servicios de modelos productivos y/o redes. |

### 6.6.2 OE1 Identificar y seleccionar las tecnologías digitales usadas en minería

| Compañías Mineras | Empresas TICAR |
|---|---|
| • Más de la mitad de las compañías mineras encuestadas indicaron que el nivel de incorporación de las tecnologías digitales en los distintos procesos es de un Nivel Intermedio (existen propuestas de aplicación de tecnologías digitales con objetivos, estrategias y evaluaciones sobre su uso).<br>• La mayoría de las compañías mineras indicaron poseer una estrategia de transformación digital al interior de su empresa. La mayor parte menciona que esta estrategia considera la elaboración de una cartera de proyectos de digitalización o la elaboración de una hoja de ruta tecnológica.<br>• Una gran parte de las compañías indicaron que el elemento de innovación, incorporando nuevas tecnologías digitales, es importante a muy importante.<br>• Las compañías mineras consideran que los 4 aspectos críticos para la incorporación de nuevas tecnologías son: i) Infraestructura de telecomunicaciones, ii) Recursos humanos calificados, iii) Cultura organizacional y gestión del cambio y iv) Seguridad de la información.<br>• En relación a la incorporación de las nuevas tecnologías en los procesos productivos y servicios de apoyo en los cuales existe una mayor incorporación de tecnologías digitales son: Mantenimiento de equipos-sistemas y Centro Integrado de Operaciones (CIO), y una menor en los procesos de Fundición-Refinería y Exploración-Sondaje.<br>• En un futuro, los procesos productivos y servicios de apoyo en que las empresas van a incorporar tecnologías digitales, en los próximos 3 años, son Extracción (Carguío y Transporte), Mantenimiento de equipos-sistemas, Procesamiento de Minerales y Centro Integrado de Operaciones (CIO).<br>• Las tecnologías digitales que se considera necesario introducir a los procesos productivos de su operación son: Big Data, Simulación, Inteligencia Artificial & Robótica e Internet de las cosas (IoT). | • La mayoría de las empresas TICAR tiene la percepción que para el cliente minero el elemento de innovación incorporado en las nuevas tecnologías digitales es importante.<br>• Dentro de las barreras que se señalan para la introducción de nuevas tecnologías digitales en la minería, una gran parte de las empresas TICAR señala que los mayores obstáculos se asocian a problemas de integración de la tecnología y la existencia de una cultura organizacional con resistencia al cambio.<br>• La mayor parte de las empresas TICAR indica que los desafíos que se busca resolver con la incorporación de tecnologías digitales son principalmente aumentar la productividad mediante automatización de procesos y elevar la capacidad de captura, procesamiento y análisis de datos para el monitoreo de procesos. |

### 6.6.3 OE2. Identificar las tecnologías digitales más relevantes según procesos productivos mineros

| Compañías Mineras | Empresas TICAR |
|---|---|
| • Las tecnologías que consideran más relevantes de desarrollar según proceso productivo son los siguientes:<br>o **Exploración y Sondaje:** Internet de las cosas (IT) Cloud computing y Big Data.<br>o **Perforación y Tronadura:** Inteligencia Artificial & Robótica, Simulación y Ciberseguridad.<br>o **Extracción (Carguío y Transporte):** Simulación e internet de las cosas (IoT)<br>o **Procesamiento de minerales (Línea Óxidos y Línea Sulfuros):** Ciberseguridad y Big data.<br>o **Fundición y Refinería:** Cloud Computing y Realidad Virtual/Aumentada.<br>o **Mantenimiento de equipos y sistemas:** Realidad Virtual/Aumentada y Big data<br>o **Centro Integrado de Operaciones (CIO):** Ciberseguridad y Big data<br>• Las barreras o dificultades más relevantes para la incorporación de nuevas tecnologías digitales a sus procesos productivos y servicios de apoyo a la operación son: Falta de conocimientos del recurso humano; Factores Culturales (resistencia al cambio); Falta de competencias del recurso humano; y que las tecnologías digitales o 4.0 no están totalmente integradas a los procesos.<br>• Las acciones inmediatas que están llevando a cabo para asegurar un alto nivel de uso y aprovechamiento de las nuevas tecnologías son Capacitación e instrucción formal, Difusión de nuevas tecnologías digitales y sus beneficios y Contratación de profesionales especializados. | • Las tecnologías digitales que las empresas TICAR consideran más relevantes de desarrollar según proceso productivo son:<br>o **Exploración y Sondaje:** Inteligencia Artificial & Robótica.<br>o **Perforación y Tronadura:** Inteligencia Artificial & Robótica, Internet de las cosas (IoT) y Realidad Virtual/Aumentada.<br>o **Extracción (Carguío y Transporte):** Inteligencia Artificial & Robótica y Realidad Virtual/Aumentada.<br>o **Procesamiento de minerales (Línea Óxidos y Línea Sulfuros):** Inteligencia Artificial & Robótica.<br>o **Fundición y Refinería:** Internet de las cosas (IoT).<br>o **Mantenimiento de equipos y sistemas:** Cloud computing.<br>o **Centro Integrado de Operaciones (CIO):** Ciberseguridad.<br>• Los factores que las empresas TICAR consideran críticos para la implementación de las tecnologías digitales en la industria minera son, por orden de importancia: Recursos humanos calificados; Cultura organizacional y gestión del cambio; Infraestructura de telecomunicaciones, y Seguridad de la información. |

### 6.6.4 OE3. Caracterizar las competencias digitales, considerando procesos y funciones, acorde a cambios tecnológicos en minería

**Compañías Mineras**

- Los conocimientos que deben tener los trabajadores para este nuevo escenario en el área de la minería, según estamento son:
  - Profesionales: Ciberseguridad y Big Data.
  - Supervisores: Big Data y Ciberseguridad.
  - Operadores: Realidad virtual/aumentada, Simulación y Ciberseguridad.
  - Mantenedores: Realidad virtual/aumentada, Internet de las cosas (IoT) y Simulación
  - Otros trabajadores: Ciberseguridad.
- Las competencias (habilidades, conocimientos y aptitudes de las personas) que deben tener los trabajadores para este nuevo escenario de incorporación de las tecnologías digitales son:
  - Profesionales: Planificación de alto nivel y Pensamiento sistémico..
  - Supervisores: Resolución de problemas y Creatividad e innovación.
  - Operadores: Resolución de problemas, Trabajo colaborativo y Alfabetización digital.
  - Mantenedores: Resolución de problemas y Alfabetización digital.
  - Otros trabajadores: Ciberseguridad.
- En función de la incorporación y el uso de las tecnologías digitales en los procesos productivos se detecta que la mayoría de las compañías no cuenta con un modelo de gestión de recursos humanos que identifique y mida las brechas existentes.
- Las compañías que sí presentan un modelo de gestión de recursos humanos, señalan que las principales brechas son: Trabajo Colaborativo, Alfabetización digital, Gestión del cambio y Resolución de problemas.
- La mayor parte de las compañías menciona que sus trabajadores están en proceso de aprendizaje con respecto al nivel de competencias (entendida como las habilidades, conocimientos y aptitudes de las personas). Menos de la mitad de las compañías mineras percibe que sus trabajadores poseen algunas de las competencias.
- Un 50% de las compañías mineras prefieren llevar a cabo los programas de desarrollo de capital humano, en cuanto a competencias, con apoyo de una entidad externa mientras que la otra mitad prefiere hacerlo de forma interna.

**Empresas TICAR**

- Los conocimientos que deben tener los trabajadores para este nuevo escenario en el área de la minería, según estamento son:
  - Profesionales: internet de las cosas (IoT).
  - Supervisores: Inteligencia Artificial & Robótica.
  - Operadores: Simulación.
  - Mantenedores: Simulación.
  - Otros trabajadores Ciberseguridad, Neurotecnología, Blockchain y Cloud computing.
- La mayoría de las empresas TICAR indica que los trabajadores poseen alguna competencia para desempeñarse en un ambiente de “4.0” o de transformación digital de sus procesos.
- Las competencias (habilidades, conocimientos y aptitudes de las personas) que deben tener los trabajadores, según las empresas TICAR, por estamento, para este nuevo escenario de incorporación de las tecnologías digitales en minería son:
  - Profesionales: Planificación de alto nivel.
  - Supervisores: Resolución de problemas, Creatividad e Innovación y Trabajo Colaborativo.
  - Operadores: Trabajo Colaborativo.
  - Mantenedores: Trabajo Colaborativo.
  - Otros trabajadores: Ciberseguridad.
- Las acciones para generar un acercamiento entre el problema/requerimiento y la solución tecnológica radican principalmente en mejorar el modelo de acercamiento entre Centros Tecnológicos e Industria y en generar una estrategia de formación del recurso humano en competencias digitales.

### 6.6.5 OE 4. Caracterización de los perfiles de competencias MCTP, Sector Minería.

| Compañías Mineras | Empresas TICAR |
|---|---|
| • La mitad de las compañías mineras cree que los actuales perfiles de competencias disponibles incorporan las nuevas competencias que los trabajadores necesitan para la transformación digital.<br>• Las áreas de procesos y servicios de apoyo en los cuales las empresas mineras han incorporado tecnologías digitales o tienen planificado incorporarlas, en los próximos tres años, son: Extracción (carguío y Transporte), Procesamiento de minerales (Línea Óxidos y Línea Sulfuros), Mantenimiento de equipos-sistemas y Centro Integrado de Operaciones (CIO). | • Los aspectos fundamentales en formación de los técnicos y profesionales que se desempeñen en el contexto de una "Minería 4.0", son: Conocimientos formales de las tecnologías, Aplicación de soluciones en ambientes virtuales, Entrenamiento y Certificación de competencias.<br>• Los contenidos específicos relacionados con las tecnologías digitales que deben ser incorporados a los programas de formación de los técnicos y profesionales son: Inteligencia Artificial & Robótica, Internet de las cosas (IoT), Simulación, Big data y Realidad Virtual/Aumentada. |

### 6.6.6 Conclusiones

Las principales conclusiones que surgen de la opinión de los entrevistados se vinculan con los procesos que requerirían una revisión de los perfiles de competencias específicas frente a un esfuerzo de transformación digital, las nuevas tecnologías a integrar y los conocimientos junto con las competencias que el capital humano de la industria minera debe tender a adquirir y desarrollar.

**Priorización de procesos, tecnologías y competencias**

| Procesos donde se requiere revisar perfiles de competencias | Principales Tecnologías Digitales a incorporar | Competencias a desarrollar |
|---|---|---|
| • Centro Integrado de Operaciones (CIO)<br>• Mantenimiento de Equipos-Sistemas<br>• Extracción (Carguío y Transporte)<br>• Procesamiento de Minerales (Óxido y Sulfuros). | • Internet de las cosas<br>• Inteligencia Artificial & Robótica<br>• Simulación<br>• Big data<br>• Ciberseguridad<br>• Cloud computing<br>• Realidad Virtual y Aumentada | • Planificación de alto nivel<br>• Pensamiento sistémico<br>• Creatividad e innovación<br>• Resolución de problemas<br>• Alfabetización digital<br>• Trabajo colaborativo<br>• Pensamiento crítico<br>• Trabajo colaborativo<br>• Toma de decisiones<br>• Razonamiento lógico y matemático<br>• Metodología AGIL |

# 7 CARACTERIZACIÓN DE PERFILES DE COMPETENCIAS Y DESARROLLO MAPA DE PROCESOS

En el marco del levantamiento de información realizado a compañías mineras y proveedores tecnológicos con el propósito de dar respuestas a los objetivos del presente estudio, y en particular respecto los objetivos específicos relacionados con **caracterizar las competencias digitales específicas para procesos productivos y asociar las competencias digitales específicas a los perfiles de competencias del Marco de Cualificaciones TP**, se presentan a continuación los resultados del análisis y la caracterización de la competencias, vinculadas a perfiles laborales del sector minería y su relación con el Marco de Cualificaciones.

En base a la identificación de los procesos productivos mineros que, a corto y mediano plazo, serán mayormente impactados por los cambios tecnológicos descritos en el Marco Conceptual definido para el presente estudio, y los resultados obtenidos a partir del levantamiento de información, se han priorizado los siguientes procesos:

- Extracción Mina Rajo Abierto
- Procesamiento de Concentrado
- Mantenimiento Mecánico/CIO
- CIO: Extracción Mina Rajo Abierto, Concentración /Proceso Puerto y desalinizadora

Para un mejor entendimiento de la descripción y caracterización de las competencias digitales específicas, desde lo general a lo particular, se elaboraron los Mapas Funcionales de los Procesos priorizados que forman parte de la cadena de valor principal. Dichos mapas funcionales se grafican en el siguiente punto, para lo cual se seleccionaron algunos perfiles.

Para efectos de este análisis, se puso especial atención en la correlación entre los “Procesos” anteriormente mencionados y las funciones que han presentado irrupción tecnológica en forma reciente (1 a 2 años atrás), dentro de los cuales destacaron: Operación de Equipos Mina en Zona de Operación Autónoma, Operaciones Integradas implementada en los CIO y su afectación en funciones tales como el Control en Procesamiento de Minerales (Concentrado) y las funciones de Confiabilidad en el Mantenimiento de Equipos Fijos y Móviles.

En las siguientes secciones se presentan los mapas funcionales de cada uno de los procesos priorizados y la caracterización de los perfiles de competencias que a juicio experto debieran ser actualizados o levantados.

## 7.1 Mapas Funcionales de Procesos

La elaboración de los mapas funcionales de los procesos priorizados, constituyen el primer paso para identificar aquellos perfiles, que de acuerdo al juicio experto, son los más relevantes de revisar para su futura actualización junto a los nuevos perfiles que debieran ser incorporados. Para la elaboración de estos mapas de procesos se utilizó la metodología de ChileValora, cuyo ejemplo se muestra a continuación.

## Tabla 7-1. Ejemplo Mapa de Proceso EXTRACCIÓN MINA RAJO ABIERTO

| FUNCIÓN CLAVE | FUNCIÓN PRINCIPAL | NIVEL | UCL | UCL Transversal |
|---|---|---|---|---|
| CARGUIO | OPERADOR(A) DE CARGADOR FRONTAL | 4 | UCL1. CARGAR MATERIAL MEDIANTE CARGADOR FRONTAL | TRABAJAR CON SEGURIDAD |
| | | | UCL2. OPERAR EQUIPO DE CARGUÍO EN ZONA DE OPERACIÓN AUTÓNOMA | |
| | OPERADOR(A) DE PALA ELÉCTRICA | 4 | UCL1. CARGAR MATERIAL CON PALA ELÉCTRICA | |
| | | | UCL2. OPERAR EQUIPO DE CARGUÍO EN ZONA DE OPERACIÓN AUTÓNOMA | |
| PERFORACIÓN Y TRONADURA | OPERADOR(A) DE PERFORADORA | 3 | UCL1. PERFORAR BOLONES, DE ACUERDO A PROCEDIMIENTO DE TRABAJO Y NORMATIVA VIGENTE | |
| | | | UCL2. REALIZAR PERFORACIONES EN RAJO ABIERTO | |
| SERVICIO MINA | OPERADOR(A) DE CAMIÓN ALJIBE | 2 | UCL1. OPERAR EQUIPO DE SERVICIO EN ZONA DE OPERACIÓN AUTÓNOMA | |
| | | | UCL2. REGAR ÁREA DE TRABAJO Y ASISTIR OPERACIONES | |
| | OPERADOR(A) DE CAMIÓN CAMA BAJA | 3 | UCL1. MOVILIZAR EQUIPOS EN INSTALACIONES MINA, | |
| | | | UCL2. OPERAR EQUIPO DE TRANSPORTE EN ZONA DE OPERACIÓN AUTÓNOMA | |
| | | | UCL3. TRASLADAR EQUIPOS ELÉCTRICOS CON GENERADOR AUTÓNOMO | |
| | OPERADOR(A) DE EXCAVADORA | 2 | UCL1. OPERAR EQUIPO DE SERVICIO EN ZONA DE OPERACIÓN AUTÓNOMA | |
| | | | UCL2. REALIZAR MOVIMIENTO DE MATERIALES CON EXCAVADORA | |
| | OPERADOR(A) DE MOTONIVELADORA | 3 | UCL1. OPERAR EQUIPO DE SERVICIO EN ZONA DE OPERACIÓN AUTÓNOMA | |
| | | | UCL2. PERFILAR TERRENO DEL ÁREA DE TRABAJO CON MOTONIVELADORA | |
| | OPERADOR(A) DE TRACTOR SOBRE NEUMÁTICO | 2 | UCL1. OPERAR EQUIPO DE SERVICIO EN ZONA DE OPERACIÓN AUTÓNOMA | |
| | | | UCL2. REALIZAR MANTENCIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO CON TRACTOR SOBRE NEUMÁTICO | |
| TRANSPORTE MINERAL | OPERADOR(A) DE CAMIÓN ELÉCTRICO DE EXTRACCIÓN DE AT MINA RAJO | 2 | UCL1. OPERAR EQUIPO DE TRANSPORTE EN ZONA DE OPERACIÓN AUTÓNOMA | |
| | | | UCL2. REALIZAR TRANSPORTE DE MATERIAL EN LOS CAMINOS INTERIORES DE LA MINA, CON CAMIÓN ELÉCTRICO DE AT | |
| | OPERADOR(A) DE CAMIÓN MECÁNICO DE EXTRACCIÓN DE AT MINA RAJO | 2 | UCL1. OPERAR EQUIPO DE TRANSPORTE EN ZONA DE OPERACIÓN AUTÓNOMA | |
| | | | UCL2. REALIZAR TRANSPORTE DE MATERIAL EN LOS CAMINOS INTERIORES DE LA MINA, CON CAMIÓN MECÁNICO DE AT | |

## 7.2 Caracterización de Perfiles

En el marco del trabajo de caracterización del perfil de competencias, se debe señalar que, se contó con la valiosa colaboración de la Compañía Minera Teck Quebrada Blanca, la cual está en fase de implementación e inicio de la operación de su proyecto de ampliación, y donde ha incorporado cambios tecnológicos significativos a sus procesos productivos, destacando el Sistema de Autonomía en el proceso Mina y su Centro de Operaciones Integrada (CIO).

Con el propósito de describir la composición de los perfiles, en las siguientes tablas se detallan los cuatro procesos priorizados con sus respectivas Funciones Claves, Funciones Principales/Perfil y las Unidades de Competencias caracterizadas desde dos enfoques. Uno de éstos es la actualización de los perfiles, y el segundo, corresponde a una propuesta de caracterización de perfiles de competencias. Respecto a esta nueva caracterización, se utilizaron los estándares de competencias existentes en el catálogo de competencias de ChileValora, los que se adaptaron a las nuevas funciones requeridas.

En el ámbito del Proceso de Extracción, se incorporó una Unidad de Competencia Laboral que aplica a la función principal asociada a Sistemas de Autonomía, cuya competencia es Operar (equipo minero) en zona de Operación Autónoma, competencia que se describe para tres sub procesos que corresponden a: Carguío, Transporte y Servicios Mina o Apoyo de Equipos Auxiliares. En total, se caracterizaron 10 perfiles que incorporan la UCL Operar (equipo) en Zona de Operación Autónoma, asociados a los sub procesos antes señalados.

En el caso de Procesamiento de Concentrados de Cobre, se actualizó la Unidad de Competencias Laborales (UCL) relacionada con la función de Control, particularmente delimitada al ámbito Controlador Planta (Operador) que interactúa con el Centro de Operaciones Integradas (CIO). Este análisis arrojó como resultado una propuesta de actualización de 5 perfiles de competencias en las que se actualizan las UCLs Control de Procesos y su Interacción con CIO, como se menciona antes.

Respecto a la función de Mantenimiento y Confiabilidad asociada a la tarea de Monitoreo de Condiciones y Mantenimiento Remoto Equipos Fijos, que opera desde el Centro de Operaciones Integradas (CIO), se proponen dos nuevos perfiles de competencias laborales.

En cuanto a la función de Control del proceso desde CIO, se propone la actualización de 6 perfiles de competencias para para CIO y uno nuevo en base a una caracterización más específica a partir de los perfiles disponibles actualmente en el catálogo de competencias de ChileValora.

En la se presenta el resumen de la caracterización de los perfiles y en las Tablas Procesos y perfiles asociados, se presenta el detalle de estos estos 24 perfiles que han sido caracterizados a partir del levantamiento de información, priorización y criterio experto.

**Tabla 7-2 Resumen Caracterización de Perfiles**

| PROCESO | FUNCIÓN CLAVE | | PERFIL | NIVEL MCTP Y PROPUESTA DE ACTUALIZACIÓN | |
|---|---|---|---|---|---|
| EXTRACCIÓN MINA | CARGUÍO | 1 | OPERADOR(A) DE CARGADOR FRONTAL | 2 al 3 | 10 PERFILES QUE INCORPORAN LA UCL OPERAR (EQUIPO) EN ZONA DE OPERACIÓN AUTÓNOMA, ASOCIADOS A LOS SUB PROCESOS DE CARGUÍO, TRANSPORTE Y SERVICIOS MINA |
| | | 2 | OPERADOR(A) DE PALA ELÉCTRICA | | |
| | SERVICIO MINA | 3 | OPERADOR(A) DE CAMIÓN ALJIBE | | |
| | | 4 | OPERADOR(A) DE CAMIÓN CAMA BAJA | | |
| | | 5 | OPERADOR(A) DE EXCAVADORA | | |
| | | 6 | OPERADOR(A) DE MOTONIVELADORA | | |
| | | 7 | OPERADOR(A) DE TRACTOR SOBRE NEUMÁTICO | | |
| | | 8 | OPERADOR(A) DE TRACTOR SOBRE ORUGA | | |
| | TRANSPORTE MINERAL | 9 | OPERADOR(A) DE CAMIÓN ELÉCTRICO DE EXTRACCIÓN DE AT MINA RAJO | | |
| | | 10 | OPERADOR(A) DE CAMIÓN MECÁNICO DE EXTRACCIÓN DE AT MINA RAJO | | |
| PROCESAMIENTO DE CONCENTRADO | MOLIENDA | 1 | CONTROLADOR(A) PROCESO MOLIENDA SAG | 4 | 5 PERFILES EN LAS QUE SE ACTUALIZAN LAS UCLS CONTROL DE PROCESOS Y SU INTERACCIÓN CON CIO |
| | FLOTACIÓN | 2 | CONTROLADOR(A) PROCESO FLOTACIÓN EN COLUMNAS Y CELDAS | | |
| | ESPESAMIENTO | 3 | CONTROLADOR(A) ESPESAMIENTO DE CONCENTRADOS (COBRE Y MOLIBDENO) | | |
| | FLOTACIÓN MOLIBDENO, SECADO Y ENVASADO | 4 | CONTROLADOR(A) PROCESO DE MOLIBDENO FLOTACIÓN, FILTRADO Y ENVASADO | | |
| | TRANSPORTE DE CONCENTRADO | 5 | CONTROLADOR(A) TRANSPORTE DE CONCENTRADO | | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| MANTENIMIENTO (MECÁNICO) | MANTENIMIENTO OPERACIONES INTEGRADAS | 1 | ESPECIALISTA DE MANTENIMIENTO REMOTO EQUIPOS FIJOS | 4 | 2 PERFILES NUEVOS |
| | | 2 | ESPECIALISTA MANTENIMIENTO REMOTO DE EQUIPOS MÓVILES | | |
| CENTRO INTEGRADO DE OPERACIONES | OPERACIONES INTEGRADAS EXTRACCIÓN | 1 | ESPECIALISTA DISEÑADOR(A) MAPA VIRTUAL | 3 | 1 PERFIL NUEVO |
| | | 2 | ESPECIALISTA CONTROLADOR(A) CENTRAL DE TRANSPORTE RAJO | | 6 PERFILES QUE SE ACTUALIZAN PARA CIO |
| | OPERACIONES INTEGRADAS PLANTA CONCENTRADORA | 3 | ESPECIALISTA CONTROLADOR(A) PLANTA CHANCADO | 4 | |
| | | 4 | ESPECIALISTA CONTROLADOR(A) PROCESO MOLIENDA SAG | | |
| | | 5 | ESPECIALISTA CONTROLADOR(A) PROCESOS DE FLOTACIÓN EN COLUMNAS Y CELDAS Y FLOTACIÓN DE MOLIBDENO | | |
| | | 6 | ESPECIALISTA CONTROLADOR (A) DE TRANSPORTE DE FLUIDOS | | |
| | OPERACIONES INTEGRADAS PUERTO Y DESALADORA | 7 | ESPECIALISTA CONTROLADOR(A) PROCESO PUERTO | | |

## Tabla 7-3 Procesos y perfiles asociados. EXTRACCIÓN MINA RAJO ABIERTO

| Función Clave | Perfil | Código Ref. Perfil | Nuevo Perfil | Actualización Perfil | UCLs Actuales | Propuesta Nueva UCL | UCL Transv. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CARGUÍO | (1) OPERADOR(A) DE CARGADOR FRONTAL | P-0400-8332-001-V04 | | Sí | CARGAR MATERIAL MEDIANTE CARGADOR FRONTAL | OPERAR EQUIPO DE CARGUIO EN ZONA DE OPERACIÓN AUTÓNOMA | TRABAJAR CON SEGURIDAD |
| | (2) OPERADOR(A) DE PALA ELÉCTRICA | P-0400-8332-007-V01 | | Sí | CARGAR MATERIAL CON PALA ELÉCTRICA | OPERAR EQUIPO DE CARGUIO EN ZONA DE OPERACIÓN AUTÓNOMA | |
| SERVICIO MINA | (3) OPERADOR(A) DE CAMIÓN ALJIBE | P-0400-8111-008-V03 | | Sí | REGAR ÁREA DE TRABAJO Y ASISTIR OPERACIONES | OPERAR EQUIPO DE SERVICIOS MINA EN ZONA DE OPERACIÓN AUTÓNOMA | |
| | (4) OPERADOR(A) DE CAMIÓN CAMA BAJA | P-0400-8332-002-V04 | | Sí | TRASLADAR EQUIPOS ELÉCTRICOS CON GENERADOR AUTÓNOMO TRASLADAR EQUIPOS EN INSTALACIONES MINA | OPERAR EQUIPO DE SERVICIOS MINA EN ZONA DE OPERACIÓN AUTÓNOMA | |
| | (5) OPERADOR(A) DE EXCAVADORA | P-0400-8111-007-V03 | | Sí | REALIZAR MOVIMIENTO DE MATERIALES CON EXCAVADORA | OPERAR EQUIPO DE SERVICIOS MINA EN ZONA DE OPERACIÓN AUTÓNOMA | |
| | (6) OPERADOR(A) DE MOTONIVELADORA | P-0400-8342-007-V01 | | Sí | PERFILAR TERRENO DEL ÁREA DE TRABAJO CON MOTONIVELADORA | OPERAR EQUIPO DE SERVICIOS MINA EN ZONA DE OPERACIÓN AUTÓNOMA | |
| | (7) OPERADOR(A) DE TRACTOR SOBRE NEUMÁTICO | P-0400-8111-028-V01 | | Sí | REALIZAR MANTENCIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO CON TRACTOR SOBRE NEUMÁTICO | OPERAR EQUIPO DE SERVICIOS MINA EN ZONA DE OPERACIÓN AUTÓNOMA | |
| | (8) OPERADOR(A) DE TRACTOR SOBRE ORUGA | P-0400-8342-001-V04 | | Sí | PREPARAR EL ÁREA DE TRABAJO CON TRACTOR SOBRE ORUGA | OPERAR EQUIPO DE SERVICIOS MINA EN ZONA DE OPERACIÓN AUTÓNOMA | |
| TRANSPORTE MINERAL | (9) OPERADOR(A) DE CAMIÓN ELÉCTRICO DE EXTRACCIÓN DE ALTO TONELAJE MINA RAJO | P-0400-8332-008-V01 | | Sí | REALIZAR TRANSPORTE DE MATERIAL EN LOS CAMINOS INTERIORES DE LA MINA, CON CAMIÓN ELÉCTRICO DE AT | OPERAR EQUIPO DE TRANSPORTE EN ZONA DE OPERACIÓN AUTÓNOMA | |
| | (10) OPERADOR(A) DE CAMIÓN MECÁNICO DE EXTRACCIÓN DE ALTO TONELAJE MINA RAJO | P-0400-8332-003-V04 | | Sí | REALIZAR TRANSPORTE DE MATERIAL EN LOS CAMINOS INTERIORES DE LA MINA, CON CAMIÓN MECÁNICO DE AT | OPERAR EQUIPO DE TRANSPORTE EN ZONA DE OPERACIÓN AUTÓNOMA | |

## PROCESO: EXTRACCIÓN MINA RAJO ABIERTO

### CARGUÍO

| PERFIL | UCL EXISTENTE / NUEVA UCL |
|---|---|
| Operador(A) de Cargador Frontal | CARGAR MATERIAL MEDIANTE CARGADOR FRONTAL.<br>OPERAR EQUIPO DE CARGUÍO EN ZONA DE OPERACIÓN AUTÓNOMA |
| Operador(A) de Pala Eléctrica | CARGAR MATERIAL CON PALA ELÉCTRICA.<br>OPERAR EQUIPO DE CARGUÍO EN ZONA DE OPERACIÓN AUTÓNOMA. |

FUNCIÓN CLAVE

### SERVICIO MINA

| PERFIL | UCL EXISTENTE / NUEVA UCL |
|---|---|
| Operador(A) de Camión Aljibe | REGAR ÁREA DE TRABAJO Y ASISTIR OPERACIONES.<br>OPERAR EQUIPO DE SERVICIO EN ZONA DE OPERACIÓN AUTÓNOMA. |
| Operador(A) de Camión Cama Baja | TRASLADAR EQUIPOS ELÉCTRICOS CON GENERADOR AUTÓNOMO.<br>TRASLADAR EQUIPOS EN INSTALACIONES MINA.<br>OPERAR EQUIPO DE SERVICIO EN ZONA DE OPERACIÓN AUTÓNOMA. |
| Operador(A) de Excavadora | REALIZAR MOVIMIENTO DE MATERIALES CON EXCAVADORA.<br>OPERAR EQUIPO DE SERVICIO EN ZONA DE OPERACIÓN AUTÓNOMA. |
| Operador(A) de Motoniveladora | PERFILAR TERRENO DEL ÁREA DE TRABAJO CON MOTONIVELADORA.<br>OPERAR EQUIPO DE SERVICIO EN ZONA DE OPERACIÓN AUTÓNOMA. |
| Operador(A) de Tractor Sobre Neumático | REALIZAR MANTENCIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO CON TRACTOR SOBRE NEUMÁTICO.<br>OPERAR EQUIPO DE SERVICIO EN ZONA DE OPERACIÓN AUTÓNOMA. |
| Operador(A) de Tractor Sobre Oruga | PREPARAR EL ÁREA DE TRABAJO CON TRACTOR SOBRE ORUGA.<br>OPERAR EQUIPO DE SERVICIO EN ZONA DE OPERACIÓN AUTÓNOMA. |

FUNCIÓN CLAVE

## TRANSPORTE MINERAL

Operador(a) de Camión Eléctrico de Extracción de Alto Tonelaje Mina Rajo.

Operador(a) de Camión Mecánico de Extracción de Alto Tonelaje Mina Rajo.

**REALIZAR TRANSPORTE DE MATERIAL EN LOS CAMINOS INTERIORES DE LA MINA, CON CAMIÓN ELÉCTRICO / MECÁNICO DE AT.**

**OPERAR EQUIPO DE SERVICIO EN ZONA DE OPERACIÓN AUTÓNOMA.**

FUNCIÓN CLAVE | PERFIL | UCL EXISTENTE | NUEVA UCL

## Extracción Mina

CARGUÍO

SERVICIO MINA

TRANSPORTE MINERAL

**INTERNET DE LAS COSAS (IT).**
**BIG DATA.**
**REALIDAD VIRTUAL/AUMENTADA.**
**SIMULACIÓN.**
**CIBERSEGURIDAD.**

- RESOLUCIÓN DE PROBLEMA
- TRABAJO COLABORATIVO
- ALFABETIZACIÓN DIGITAL

PROCESO | FUNCIÓN CLAVE | CONOCIMIENTOS TI | COMPETENCIAS TRANSVERSALES

Tabla 7-4 Procesos y perfiles asociados. PROCESAMIENTO DE CONCENTRADO

| Función Clave | Perfil | Código Ref. Perfil | Nuevo Perfil | Actualización Perfil | UCLs Actuales | Propuesta Actualización o Nueva UC | UCL Transv. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| MOLIENDA | (1) CONTROLADOR(A) PROCESO MOLIENDA SAG | P-0400-8112-009-V04 | | Sí | CONTROLAR PROCESO MOLIENDA SAG | SE MODIFICAN CRITERIOS DE DESEMPEÑO DE UCL EXISTENTE | TRABAJAR CON SEGURIDAD |
| FLOTACIÓN | (2) CONTROLADOR(A) PROCESO FLOTACIÓN EN COLUMNAS Y CELDAS | P-0400-8121-005-V03 | | Sí | CONTROLAR PROCESO DE FLOTACIÓN EN CELDAS CONTROLAR PROCESO DE FLOTACIÓN EN COLUMNAS | SE MODIFICAN CRITERIOS DE DESEMPEÑO DE UCL EXISTENTE | |
| ESPESAMIENTO | (3) CONTROLADOR(A) ESPESAMIENTO DE CONCENTRADOS (COBRE Y MOLIBDENO) | P-0400-8112-057-V02 | | Sí | CONTROLAR PROCESO DE ESPESAMIENTO DE CONCENTRADOS (COBRE Y MOLIBDENO) | SE MODIFICAN CRITERIOS DE DESEMPEÑO DE UCL EXISTENTE | |
| FLOTACIÓN MOLIBDENO, SECADO Y ENVASADO | (4) CONTROLADOR(A) PROCESO DE MOLIBDENO FLOTACIÓN, FILTRADO Y ENVASADO | P-0400-8112-058-V02 | | Sí | | CONTROLAR EL PROCESO DE PLANTA DE MOLIBDENO, FILTRADO Y ENVASADO | |
| TRANSPORTE DE CONCENTRADO | (5) CONTROLADOR(A) TRANSPORTE DE CONCENTRADO | P-0400-8112-059-V02 | | Sí | | CONTROLAR EQUIPOS y CONDICIONES OPERACIONALES DEL PROCESO DE TRANSPORTE DE CONCENTRADO. | |

## PROCESO: PROCESAMIENTO CONCENTRADO

| FUNCIÓN CLAVE | PERFIL | UCL EXISTENTE |
|---|---|---|
| MOLIENDA | Controlador(A) Proceso Molienda SAG | CONTROLAR PROCESO MOLIENDA SAG |
| FLOTACIÓN | Controlador(A) Proceso Flotación en Columnas y Celdas | CONTROLAR PROCESO DE FLOTACIÓN EN CELDAS |
| ESPESAMIENTO | Controlador(A) Espesamiento de Concentrados (Cobre Y Molibdeno) | CONTROLAR PROCESO DE ESPESAMIENTO DE CONCENTRADOS (COBRE Y MOLIBDENO) |

| FUNCIÓN CLAVE | PERFIL | NUEVA UCL |
|---|---|---|
| FLOTACIÓN MOLIBDENO, SECADO Y ENVASADO | Controlador(A) Proceso de Molibdeno Flotación, Filtrado y Envasado | CONTROLAR EL PROCESO DE PLANTA DE MOLIBDENO, FILTRADO Y ENVASADO |
| TRANSPORTE DE CONCENTRADO | Controlador(A) Transporte de Concentrado | CONTROLAR EQUIPOS Y CONDICIONES OPERACIONALES DEL PROCESO DE TRANSPORTE DE CONCENTRADO. |

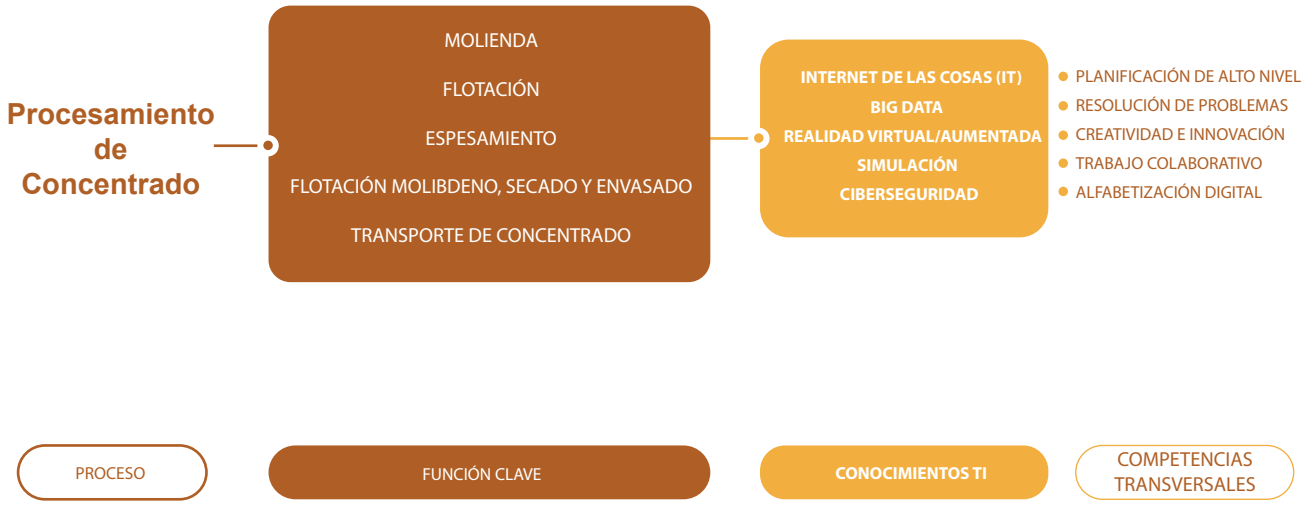
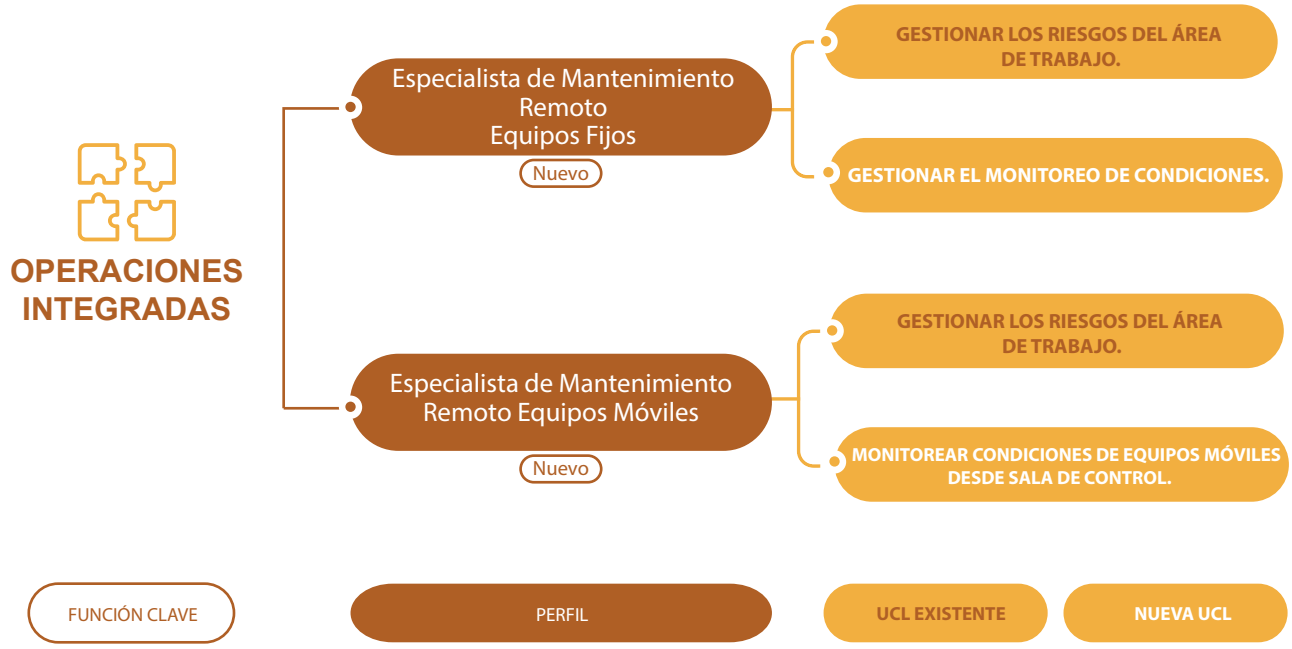
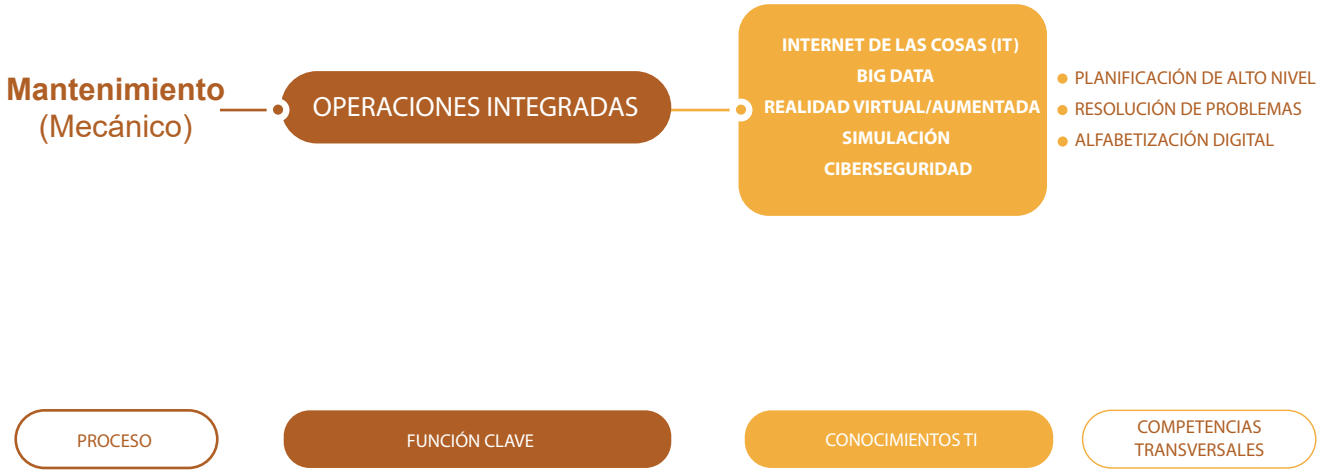



**Tabla 7-5 Procesos y perfiles asociados. MANTENIMIENTO MECÁNICO**

| Función Clave | Perfil | Código Ref. Perfil | Nuevo Perfil | Actualización Perfil | UCLs Actuales | Propuesta Nueva UCL | UCL Trans. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| MANTENIMIENTO OPERACIONES INTEGRADAS | ESPECIALISTA DE MANTENIMIENTO REMOTO EQUIPOS FIJOS | Sin código | Sí | | GESTIONAR LOS RIESGOS DEL ÁREA DE TRABAJO | GESTIONAR EL MONITOREO DE CONDICIONES DESDE SALA DE CONTROL | TRABAJAR CON SEGURIDAD |
| | ESPECIALISTA DE MANTENIMIENTO REMOTO EQUIPOS MOVILES | Sin código | Sí | | GESTIONAR LOS RIESGOS DEL ÁREA DE TRABAJO | MONITOREAR CONDICIONES DE EQUIPOS MÓVILES DESDE SALA DE CONTROL | |

## PROCESO: MANTENIMIENTO MECÁNICO



## Tabla 7-6 Procesos y perfiles asociados. CENTRO INTEGRADO DE OPERACIONES

| Función Clave | Perfil | Código Ref. Perfil | Nuevo Perfil | Actualización Perfil | UCLs Actuales | Propuesta Actualización o Nueva UCL | UCL Trans. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| OPERACIONES INTEGRADAS EXTRACCIÓN | ESPECIALISTA DISEÑADOR(A) MAPA VIRTUAL | Sin código | SI | | CONTROLAR FLOTAS DE EQUIPOS AUTÓNOMOS DE TRANSPORTE RAJO | EJECUTAR EL PROCESO DE CARGA DE MAPA DIGITAL EN TERRENO AL SISTEMA | TRABAJAR CON SEGURIDAD |
| | (2) ESPECIALISTA CONTROLADOR(A) CENTRAL DE TRANSPORTE RAJO | P-0400-2141-002-V01 | NO | | GESTIONAR LOS RIESGOS DEL ÁREA DE TRABAJO CONTROLAR FLOTAS DE EQUIPOS AUTÓNOMOS DE TRANSPORTE RAJO | EJECUTAR EL PROCESO DE CARGA DE MAPA DIGITAL EN TERRENO AL SISTEMA | |
| OPERACIONES INTEGRADAS PLANTA CONCENTRADORA | (3) ESPECIALISTA CONTROLADOR(A) PLANTA CHANCADO | P-0400-2146-002-V01 | NO | | GESTIONAR LOS RIESGOS DEL ÁREA DE TRABAJO | CONTROLAR PLANTA DE CHANCADO DESDE SALA CONTROL | |
| | (4) ESPECIALISTA CONTROLADOR(A) PROCESO MOLIENDA SAG | P-0400-2146-002-V01 P-0400-8112-009-V04 P-0400-8112-008-V04 | NO | | GESTIONAR LOS RIESGOS DEL ÁREA DE TRABAJO | CONTROLAR PROCESO DE MOLIENDA DESDE SALA CONTROL | |
| | (5) ESPECIALISTA CONTROLADOR(A) PROCESOS DE FLOTACIÓN EN COLUMNAS Y CELDAS Y FLOTACIÓN DE MOLIBDENO | P-0400-8121-005-V03 P-0400-8112-060-V02 P-0400-2146-002-V01 | NO | | GESTIONAR LOS RIESGOS DEL ÁREA DE TRABAJO | CONTROLAR PROCESO DE FLOTACIÓN DE MOLIBDENO DESDE SALA CONTROL | |
| | (6) ESPECIALISTA CONTROLADOR (A) DE TRANSPORTE DE FLUIDOS | P-0400-2146-002-V01 | NO | | GESTIONAR LOS RIESGOS DEL ÁREA DE TRABAJO | CONTROLAR EQUIPOS y CONDICIONES OPERACIONALES DEL PROCESO DE TRANSPORTE DE FLUIDOS. | |
| OPERACIONES INTEGRADAS PUERTO Y DESALADORA | (7) ESPECIALISTA CONTROLADOR(A) PROCESO PUERTO | P-0400-3132-013-V01 P-0400-2146-002-V01 | NO | | GESTIONAR LOS RIESGOS DEL ÁREA DE TRABAJO | CONTROLAR PROCESOS DESALACIÓN DESDE SALA CONTROL CONTROLAR PROCESO PUERTO DESDE SALA CONTROL | |

## PROCESO: CENTRO INTEGRADO DE OPERACIONES

## OPERACIONES INTEGRADAS PUERTO Y DESALADORA

Especialista Controlador(a) Proceso Puerto

- GESTIONAR LOS RIESGOS DEL ÁREA DE TRABAJO.
- CONTROLAR PROCESOS DESALACIÓN DESDE SALA DE CONTROL.
- CONTROLAR PROCESO PUERTO DESDE SALA DE CONTROL.

| FUNCIÓN CLAVE | PERFIL | UCL EXISTENTE | NUEVA UCL |
|---|---|---|---|

## Centro Integrado de Operaciones

- OPERACIONES INTEGRADAS PLANTA CONCENTRADORA
- OPERACIONES INTEGRADAS EXTRACCIÓN
- OPERACIONES INTEGRADAS PUERTO Y DESALADORA

INTERNET DE LAS COSAS (IT)
REALIDAD VIRTUAL/AUMENTADA
SIMULACIÓN
CIBERSEGURIDAD
BIG DATA

- PLANIFICACIÓN DE ALTO NIVEL
- RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS
- ALFABETIZACIÓN DIGITAL

| PROCESO | FUNCIÓN CLAVE | CONOCIMIENTOS TI | COMPETENCIAS TRANSVERSALES |
|---|---|---|---|

## 7.3 Conocimientos y Competencias Transversales para perfiles principales de procesos

La incorporación de tecnologías digitales a los procesos productivos de la industria minera, puede contribuir de manera significativa a mejorar su desempeño en aspectos de seguridad, productividad, gestión de costos y continuidad operacional, logrando con ello mayores niveles de sustentabilidad y competitividad a través del tiempo. Sin embargo, para que este proceso de "transformación digital" tenga el impacto esperado en las operaciones es necesario contar con un capital humano que posea las capacidades y competencias necesarias para lograr un uso óptimo de estas nuevas tecnologías logrando permitiendo así maximizar los beneficios que se derivan de su integración a los procesos productivos que conforman su cadena de valor

Tanto la incorporación de nuevas tecnologías como la innovación que se ha incorporado a los procesos productivos han generado fuentes de eficiencia y también, nuevos requerimientos en las capacidades y competencias del capital humano, tanto a nivel técnico como profesional. En este escenario, nuevos conocimientos y habilidades requieren ser incorporadas a los perfiles de competencias, incluyendo la alfabetización digital, la planificación técnica, la interpretación de datos y la operación de sistemas.

Para los fines del presente estudio y poder identificar los conocimientos relevantes para una Minería 4.0, se elaboró un listado de conocimientos en base al modelo Australiano (Minerals Council of Australia , 2019), que considera los siguientes elementos:

### Conocimientos técnicos para una Minería 4.0

a. Internet de las cosas: Operación Remota, integración de sistemas, automatización, captura de información in situ, análisis de muestras in situ, operación autónoma; carga inteligente de explosivos; operación autónoma en carguío, operación semiautónoma, sistema activo anticolisión, operación semiautónoma en transporte, etc.

b. Inteligencia Artificial & Robótica: Machine Learning (aprendizaje de máquinas), drones de monitoreo de pilas de lixiviación, uso de IA para filtrar alarmas, operación autónoma en perforación, operación asistida en carguío, operación autónoma en transporte, brazo robótico para cambio de revestimiento de corazas, uso de drones para envío de repuestos, despegadora de cátodos robotizada.

c. Simulación: Simulación de depósitos, Análisis multivariado, Modelamiento avanzado en perforación, Modelamiento avanzado en tronadura, Reconocimiento de imágenes, Simulación de Montecarlo, Modelamiento hidrogeológico, Modelos de fallas predictivas.

d. Big data: Análisis Multivariable, Monitoreo geotécnico en línea, Monitoreo en línea de procesos, SAP/ERP/Centro de distribución automatizada (picking automático), Monitoreo condición Mantención, Monitoreo condición Servicios Mina, Monitoreo sísmico, Monitoreo en línea de estabilidad de tranques, Monitoreo de acidez de agua.

e. Ciberseguridad: Protección de la infraestructura computacional y todo lo vinculado con la misma, y especialmente la información y redes. Para ello existen una serie de estándares, reglas y leyes concebidas para minimizar los posibles riesgos a la infraestructura que se derivan de un ciberataque y que pueden tener efectos sobre la continuidad operacional, así como también la salud y la vida de las personas.

f. Cloud computing: recolección, portabilidad y accesibilidad de datos, permiten a cada miembro de la organización el poder revisar datos en tiempo real desde cualquier lugar.

g. **Blockchain:** trazabilidad y seguridad por distribución de datos, MineHub (plataforma abierta para comercio digital), trazabilidad de energías renovables.

h. **Fabricación aditiva:** Impresión 3D, Impresión de elementos para la construcción modular en proyectos, Impresión 3D metálica de repuestos en mantención.

i. **Materiales Especiales:** Nuevos elementos de desgaste, Nuevos materiales para brocas, Nuevos materiales para bolas.

j. **Neurotecnología:** Smart Cab, Smart Vest o Chaleco Inteligente ayuda a prevenir accidentes laborales en industria minera, gracias al análisis automático y en tiempo real de datos biométricos, del entorno y de los patrones de comportamiento del trabajador.

k. **Realidad Virtual y Aumentada:** Gemelo Digital que es una representación virtual que sirve como contraparte digital en tiempo real de un objeto o proceso físico. Esta herramienta usa datos del mundo real para crear simulaciones que pueden predecir cómo funcionará un producto o proceso integrando Internet de las cosas, inteligencia artificial y herramientas de análisis. Ej: Entrenamiento de operación carguío, Entrenamiento de operación transporte, Entrenamiento de mantención.

l. **Centro Integrado de Operaciones (CIO):** permiten obtener, de forma remota, una foto en tiempo real de la operación y modificar distintos parámetros de proceso mediante la aplicación conjunta de diferentes de tecnologías digitales.

A nivel local, la Comisión del Sistema Nacional de Certificación de Competencias Laborales (ChileValora) define las competencias laborales como aquellas aptitudes, conocimientos y destrezas necesarias para cumplir exitosamente las actividades que componen una cierta función laboral, según los estándares definidos por el sector productivo. Para los fines de este estudio, se define el concepto de competencia como: aquellas habilidades, conocimientos y aptitudes de las personas, para desarrollar un trabajo exitoso, en la que se distinguen las competencias de carácter funcional digital y las competencias transversales.

### Competencias Funcionales Digitales

Aquellas que son adquiridas después de haber realizado una formación específica, son diferentes en cada profesión.

a. Diseño y modelado: Analizar las necesidades y requisitos de los procesos para mejorar los modelos utilizados.

b. Alfabetización digital: Identificar, localizar, recuperar, almacenar, organizar y analizar información digital, juzgando su relevancia y propósito.

c. Planificación de alto nivel: Determinar prioridades, requisitos de recursos y asignaciones a corto y largo plazo, utilizando datos y técnicas digitales, para respaldar la toma de decisiones organizacionales.

d. Gestión del cambio: Gestionar personas y equipos de trabajo de manera sistemática para lograr transiciones personales y culturales exitosas, en función de los objetivos establecidos por la organización.

e. Pensamiento sistémico: Utilización de enfoques iterativos y sistemáticos en la búsqueda de soluciones para la resolución de problemas.

f. Metodología AGIL: Estructuras de trabajo para la gestión de proyectos en general o que las propias empresas desarrollan para gestionar procesos operacionales. Se trata de una forma de trabajo colaborativo que facilita la toma de decisiones con respecto a qué y cómo se realizan los distintos procesos.

g. Ciberseguridad: Protección de datos, protección de la identidad digital, medidas de seguridad, uso seguro y sostenible.

**Competencias Transversales para una Minería 4.0**

Son aquellas habilidades y aptitudes para que un trabajador desarrolle de forma eficaz, independiente de la profesión o labor y del contexto. Permite diferenciarse de los demás, porque los hace más apto para un tipo de trabajo.

a. Toma de decisiones: Identificar y comprender un cambio en la situación, un problema, oportunidad o conflicto, recabando y analizando información al respecto, evaluando de manera oportuna y sistemática posibles cursos de acción o soluciones alternativas. Implica tomar en cuenta el impacto, costos y beneficios para seleccionar la opción más apropiada acorde a criterios predefinidos según el objetivo a lograr, el valor a alcanzar o el minimizar las consecuencias negativas para la actividad minera y el entorno.

b. Trabajo colaborativo: Proceso de trabajo en equipo, cooperación y trabajo con personas, en entornos físicos o virtuales, para lograr resultados.

c. Pensamiento crítico: Reflexionar, interpretar, analizar y cuestionar de manera independiente y lógica un tema o problema, los paradigmas que lo sustentan y los diferentes puntos de vista, para comprender o llegar a una conclusión objetiva y clara, que permita fundamentar decisiones, detectar brechas de información y corregir desviaciones en su área de desempeño.

d. Razonamiento lógico y matemático: Razonar de manera deductiva e inductiva, usar efectivamente los números, operaciones, símbolos y el método científico, con el fin de resolver problemas específicos de su trabajo diario, siendo capaz de integrar modelos, métodos y establecer relaciones lógicas.

e. Creatividad e innovación: Proponer ideas, soluciones y respuestas nuevas o poco usuales que generen valor a los resultados de su actividad y/o modifiquen comportamientos, actitudes, puntos de vista, creencias, entre otros. Para ello detecta, observa y piensa de manera diferente y flexible cómo funciona un contexto y lo entiende en profundidad, describiendo un problema o situación.

f. Resolución de problemas: Identificar necesidades y recursos digitales, tomar decisiones informadas sobre las herramientas digitales más adecuadas según el propósito o necesidad, resolver problemas conceptuales a través de medios digitales, utilizar creativamente las tecnologías, resolver problemas técnicos, actualizar la competencia propia y ajena.

g. Recopilación de información y análisis de datos: Identificar, recoger, procesar y analizar datos en tiempo real e histórico, para convertirlos en acciones e información de valor para la toma de decisiones, la mejora de la gestión y el alcance de objetivos en la organización. Considera, además, la capacidad de aprovechar la tecnología para analizar, explorar, estructurar, elaborar y comunicar de manera eficiente y rápida los datos e información en formato digital y físico.

En relación a las competencias requeridas para desempeñarse en el contexto de una Minería 4.0, los representantes de las compañías mineras y de las empresas TICAR encuestados, también señalaron los conocimientos y competencias transversales que, de acuerdo a su opinión, consideran más relevantes para cada proceso y función clave, como se describe en Tabla 7-7.

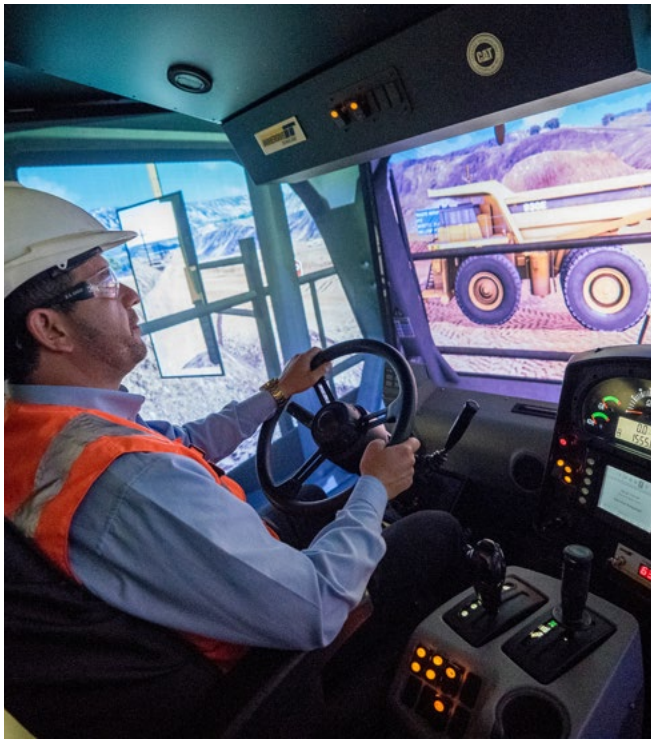


**Tabla 7-7. CONOCIMIENTOS TI Y COMPETENCIAS PARA UNA MINERÍA 4.0 POR FUNCIÓN CLAVE**

| PROCESO | FUNCIÓN CLAVE | NIVEL MCTP | CONOCIMIENTOS TI | COMPETENCIAS TRANSVERSALES |
|---|---|---|---|---|
| Extracción Mina | CARGUÍO | 2 AL 3 | INTERNET DE LAS COSAS (IOT)<br>BIG DATA<br>REALIDAD VIRTUAL/ AUMENTADA<br>SIMULACIÓN<br>CIBERSEGURIDAD | RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS<br>TRABAJO COLABORATIVO<br>ALFABETIZACIÓN DIGITAL |
| | TRANSPORTE MINERAL | | | |
| | SERVICIOS MINA (EEAA) | | | |
| Procesamiento de Concentrado | MOLIENDA | 4 | INTERNET DE LAS COSAS (IOT)<br>BIG DATA<br>REALIDAD VIRTUAL/ AUMENTADA<br>SIMULACIÓN<br>CIBERSEGURIDAD | PLANIFICACIÓN DE ALTO NIVEL<br>RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS<br>CREATIVIDAD E INNOVACIÓN<br>TRABAJO COLABORATIVO<br>ALFABETIZACIÓN DIGITAL |
| | FLOTACIÓN | | | |
| | ESPESAMIENTO | | | |
| | FLOTACIÓN MOLIBDENO, SECADO Y ENVASADO | | | |
| | TRANSPORTE DE CONCENTRADO | | | |
| Mantenimiento (Mecánico) | MANTENIMIENTO - CONFIABILIDAD | 4 | INTERNET DE LAS COSAS (IOT)<br>BIG DATA<br>REALIDAD VIRTUAL/ AUMENTADA<br>SIMULACIÓN<br>CIBERSEGURIDAD | PLANIFICACIÓN DE ALTO NIVEL<br>RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS<br>ALFABETIZACIÓN DIGITAL |
| Centro Integrado de Operaciones | OPERACIONES INTEGRADAS EXTRACCIÓN | 3 | INTERNET DE LAS COSAS (IOT)<br>REALIDAD VIRTUAL/ AUMENTADA<br>SIMULACIÓN<br>CIBERSEGURIDAD<br>BIG DATA | PLANIFICACIÓN DE ALTO NIVEL<br>RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS<br>ALFABETIZACIÓN DIGITAL |
| | OPERACIONES INTEGRADAS PLANTA CONCENTRADORA | 4 | | |
| | OPERACIONES INTEGRADAS PUERTO Y DESALADORA | | | |

# 8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

**a**. El estudio "Caracterización de las Capacidades y Competencias Digitales del Capital Humano de la Minería Chilena", realizado por Fundación SONAMI en conjunto con el Centro de Entrenamiento Industrial y Minero (CEIM) con recursos provenientes del 5% de los aportes efectivos y excedentes administrados por OTIC Proforma y aprobados por SENCE, ha permitido identificar un conjunto de aspectos relevantes que contribuyen a la tarea de formación y desarrollo de los técnicos y profesionales que se desempeñan o buscan integrarse a los nuevos desafíos que plantea una Minería 4.0.

**b.** La adopción de tecnologías digitales y los componentes de innovación que estas nuevas tecnologías conlleva, responde de manera significativa a la necesidad de la industria minera de lograr mejoras de productividad y seguridad, que contribuyan a la continuidad operacional de las faenas mineras y sus procesos y con ello, contribuir a su sustentabilidad y competitividad.

**c.** Frente a un proceso de transformación digital, el capital humano constituye un factor crítico para la incorporación de tecnologías digitales a los procesos productivos y de apoyo a las operaciones mineras. En este escenario, las capacidades y competencias digitales específicas son un elemento habilitante y por lo tanto deben ser adquiridas por los técnicos y profesionales que se desempeñen en este entorno de Minería 4.0 para asegurar un uso óptimo de estas herramientas buscando así, maximizar los beneficios que se derivan sobre la industria.

**d.** Como se pudo constatar a través de los resultados de la encuesta que se aplicó a compañías mineras y empresas TICAR, la industria minera presenta avances relevantes en materia de incorporación de tecnologías digitales. En efecto, un 58% de los encuestados pertenecientes a compañías mineras señalaron que la integración de estas tecnologías se sitúa a un nivel intermedio en sus organizaciones. Este indicador resulta relevante considerando que la muestra de compañías consultadas representa un 63,5% de la producción total de cobre fino del país en 2019, constituyendo por lo tanto un proceso de transformación real como parte de la estrategia de negocios en la industria.

**e.** La introducción de tecnologías también ha ido acompañada de las estrategias de desarrollo del capital humano. Como lo señalan los encuestados, un 80% de las compañías mineras cuenta con políticas de capacitación las cuales se han focalizado en áreas de Seguridad (29%), Gestión Operacional (27%) y Tecnologías digitales (19%) en los últimos períodos. A futuro, y a nivel de las grandes compañías tanto privadas como estatales, se espera que las acciones de capacitación en temáticas relacionadas con tecnologías digitales aumenten en los próximos tres años, permitiendo con ello elevar las capacidades y competencias del personal en este ámbito.

**f.** Si bien existe una tendencia creciente a la incorporación de tecnologías digitales en las compañías mineras, también se constata que existen barreras que han impedido avanzar con mayor celeridad y cobertura. Como principales barreras se identifican: la infraestructura de telecomunicaciones (16%); la disponibilidad de recursos humanos calificados (15%); la cultura organizacional y gestión del cambio (14%) y seguridad de la información (9%). Por su parte, las empresas TICAR indican que las principales barreras se asocian a problemas de integración (17%); una cultura organizacional resistente al cambio (15%); y los potenciales riesgos que genera el uso de una nueva tecnología (12%).

**g.** Frente a las barreras que surgen al proceso de transformación digital, las personas y la cultura probablemente serán el factor más complejo de abordar y requerirá entonces de un esfuerzo significativo en reconversión, capacitación y desarrollo de nuevas competencias en los equipos de trabajo, a objeto de poder lograr una implementación exitosa y una operación eficiente de las nuevas tecnologías. En este escenario, adquiere por lo tanto una gran importancia el fortalecimiento de capacidades, como también la actualización y el desarrollo de competencias digitales específicas en los técnicos y profesionales de la industria minera.

**h.** Como parte de los objetivos del estudio, se ha buscado contribuir a abordar las brechas de capital humano mediante la identificación de las capacidades y la caracterización de competencias digitales específicas en la industria minera. Con este propósito se identificaron los procesos productivos de la minería y en base al análisis de los resultados de la encuesta aplicada a la muestra de compañías mineras y empresas TICAR, se priorizaron los procesos de Extracción, Procesamiento de minerales, Mantenimiento y Centro Integrado de Operaciones. Luego, y a partir de este análisis, son éstos los procesos donde se requiere focalizar los esfuerzos en materia de fortalecimiento de capacidades y desarrollo de competencias digitales específicas en el corto y mediano plazo.

**i.** En relación a las tecnologías, y de acuerdo a la opinión de los encuestados, cada proceso presenta diferente nivel de requerimientos de tecnología digitales disponibles. Es así como para Extracción (Carguío y Transporte) las tecnología digitales más relevantes, serían Simulación (22%), Internet de las cosas (18%) seguida por Realidad Virtual y Aumentada (14%). Para Mantenimiento de equipos y sistemas las tecnologías más relevantes serían Realidad Virtual y Aumentada (18%) y Big data (15%). Por su parte, en Procesamiento de minerales destacan Big Data y Ciberseguridad (ambas con un 14%) y algo similar sucede con Centro Integrado de Operaciones (CIO), donde estas tecnologías reciben una mayor ponderación (21%). A partir de esta información es posible determinar los contenidos que deben ser incorporados a los programas formativos y a la caracterización de los perfiles de competencias digitales específicas las cuales se sumarán a las capacidades y competencias técnicas propias de cada uno de los procesos productivos que han sido priorizados.

**j.** Considerando los procesos productivos priorizados y las tecnologías digitales más relevantes para cada uno de ellos, se elaboraron los Mapas Funcionales de Procesos a partir de los cuales se identificaron los perfiles de competencias, que de acuerdo al juicio experto deberían ser revisados y actualizados, y adicionalmente, evaluar la incorporación de nuevos perfiles en función de los nuevos requerimientos que plantea el contexto de una Minería 4.0. Estos mapas de procesos fueron formulados en base a la metodología de ChileValora, asegurando así la trazabilidad y pertinencia de sus contenidos.

**k.** A partir de los Mapas Funcionales de Procesos, se realizó una descripción de la composición de los perfiles de competencias de los cuatro procesos priorizados con sus respectivas Funciones Claves, Funciones Principales y las Unidades de Competencias, buscando identificar las necesidades de actualización como también aquellas asociadas a la caracterización de nuevos perfiles de competencias, utilizando los estándares del catálogo de competencias de ChileValora. Este análisis arrojó propuestas de actualización de 24 perfiles de competencias para los siguientes procesos:

- **Extracción:** Caracterización de 10 perfiles para zona de Operación Autónoma en tres sub procesos correspondientes a: Carguío, Transporte y Servicios Mina o Apoyo de Equipos Auxiliares.

- **Procesamiento de Concentrados de Cobre:** Caracterización de 5 perfiles de competencias en los que se actualizan las UCLs, Control de Procesos y su Interacción con el Centro de Operaciones Integradas (CIO).

- **Mantenimiento y Confiabilidad:** Se propone la introducción de 2 nuevos perfiles de competencias asociados a la tarea de Monitoreo de Condiciones y Mantenimiento Remoto de Equipos Fijos que opera desde el Centro de Operaciones Integradas (CIO).

- **Control del Proceso desde CIO:** se propone la actualización de 6 perfiles de competencias para CIO y la introducción de un nuevo perfil en base a una caracterización más específica.

**l.** La caracterización de los perfiles bajo el enfoque y los criterios definidos en el marco de este estudio, permiten entregar una línea de base para avanzar en la actualización de los perfiles de competencias específicas y la formulación de otros nuevos, frente a la transformación digital o integración de tecnologías digitales a los procesos productivos claves de la industria minera. En este contexto, dicha caracterización incluye los siguientes aspectos según proceso:

- **Extracción Mina Rajo Abierto:** identificación de competencias referida a la operación de equipos mina, y su interacción con el Sistema Autónomo para el transporte de mineral a través de camiones autónomos.

- **Procesamiento de Concentrado y Óxido:** descripción de los criterios de desempeño relacionados con la competencia de control operacional en terreno, y la interacción con el proceso de Control del CIO.

- **Mantenimiento – Confiabilidad:** descripción de la competencia relacionada con las funciones de monitoreo y análisis propios del proceso, contextualizada en un ambiente de operación remota desde un CIO.

- **CIO:** descripción específica de las competencias de control del procesamiento de cobre y molibdeno por sub proceso metalúrgico.

**m.** A partir de los elementos que entrega esta caracterización de los perfiles de competencias, y su posterior validación, será posible entonces formular y desarrollar programas formativos acorde a los conocimientos y competencias específicas que deben ser adquiridas por los técnicos y profesionales en el contexto de una Minería 4.0.

**n.** La necesidad de fortalecer las capacidades y competencias del capital humano por parte de las compañías mineras en función de los cambios y la incorporación de nuevas tecnologías digitales, hace recomendable que las organizaciones puedan implementar modelos de gestión de brechas de competencias de manera sistemática y permanente.

**o.** Para contribuir al cierre de brechas de competencias digitales, es importante que los instrumentos y subsidios que dispone SENCE puedan responder a los nuevos requerimientos de capacitación y desarrollo de éstas, adecuando el alcance y cobertura de dichos mecanismos para la ejecución de acciones de formación, reconversión, y desarrollo de nuevas habilidades.

**p.** Finalmente, se sugiere promover y mantener instancias técnicas de consulta que permitan identificar y analizar nuevos requerimientos de la industria minera, incluyendo la definición de nuevos perfiles ocupacionales, actualización de los actuales y diseño de programas de reconversión laboral.

# 9 Bibliografía


ACCENTURE. (2017). *Digital Transformation Initiative: Mining and Metals Industry.* Obtenido de https://www.accenture.com/_acnmedia/Accenture/Conversion-Assets/WEF/PDF/Accenture-Mining-And-Metals-Industry.pdf

AVEVA. (2018). *Digital Mining Transformation: Mining, Metals and Minerals Industries.* Obtenido de https://sw.aveva.com/campaigns/download-ebook-digital-mining-transformation

CESCO. (2020). *Hacia una minería 4.0: Recomendaciones para impulsar una industria nacional inteligente.* Obtenido de https://www.cesco.cl/wp-content/uploads/2020/06/Hacia-una-mineria-4.0.-Recomendaciones-para-impulsar-una-industria-nacional-inteligente-1-2.pdf

Consejo de Competencias Mineras. (2021). *FUERZA LABORAL DE LA GRAN MINERÍA CHILENA, 2021-2030: Diagnóstico y recomendaciones.* Obtenido de https://ccm.cl/efl2021/

Consejo de Competencias Mineras. (2019). *FUERZA LABORAL DE LA GRAN MINERÍA CHILENA, 2019-2028: Diagnóstico y recomendaciones.* Obtenido de https://herramientas.ccm.cl/flgmc/

Contreras, G. P., Schneider, M. F., & Sanchez, A. (2020). *Medición del Nivel de Digitalización de las Empresas del Clúster Minero de Chile.* Obtenido de Aisel: https://aisel.aisnet.org/isla2020/15

European Commission . (2018). *DigComp Get Inspired Make It IHappen: A user guide to the European Digital Competence Framework.* Obtenido de https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/eur-scientific-and-technical-research-reports/digcomp-action-get-inspired

European Commission. (2013). *DIGCOMP: A Framework for Developing and Understanding Digital Competence in Europe.* Obtenido de https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwi50LXy2rXvAhX3G7kGHVR0A0QQFjACegQIAx

Fundacion Chile. (2020). *Roadmap: Digitalización para una minería 4.0.* Obtenido de https://digitalizacionmineria.fch.cl/wp-content/uploads/2020/08/roadmap-digitalizacion.pdf

Fundacion Chile. (2016). *Desde el cobre a la innovación, Roadmap Tecnológico 2015-2035.* Obtenido de http://biblioteca.digital.gob.cl/handle/123456789/900

McKinsey&Company. (2018). *Behind the mining productivity upswing: Technology-enabled transformation.* Obtenido de https://www.mckinsey.com/industries/metals-and-mining/our-insights/behind-the-mining-productivity-upswing-technology-enabled-transformation

McKinsey&Company. (2015). *How digital innovation can improve mining productivity.* Obtenido de https://www.mckinsey.com/industries/metals-and-mining/our-insights/how-digital-innovation-can-improve-mining-productivity

Minerals Council of Australia . (2019). *The Future of Work the Changing Skills Landscape for Miners: A report for the Minerals Council of Australia.* Obtenido de https://minerals.org.au/news/future-work-changing-skills-landscape-miners

# 10 MESAS TÉCNICAS
## Participantes

**Mesa Técnica 1.**
Tema: Presentación proyecto
Jueves 15 de abril de 2021

| | Institución | Participante |
|---|---|---|
| 1. | ACTI | JUAN CARLOS LETELIER |
| 2. | ALTA LEY | DANIEL CATTANEO |
| 3. | ALTA LEY | FERNANDO LUCCHINI |
| 4. | AMTC | RODRIGO CORTÉS |
| 5. | AXION | GABRIEL PAIS |
| 6. | AXION | JAVIER SIERRA |
| 7. | CCM | CAROLINA ÁGUILA |
| 8. | CEIM | DANIELA CONCHA |
| 9. | CEIM | EDUARDO TORRES |
| 10. | CEIM | MANUEL JO |
| 11. | CEIM | MARÍA ARIAS |
| 12. | CEIM | PILAR CAMPERO |
| 13. | CHILEVALORA | ÁLVARO AGUILAR |
| 14. | CLARO | DANIEL CABRERA |
| 15. | CODELCO | MARCO ORELLANA |
| 16. | MINNOVEX | ALEJANDRA MOLINA |
| 17. | OTIC PROFORMA | MICHEL FAURE |
| 18. | SENCE | MARTÍN TORRES |
| 19. | SONAMI | ALEJANDRO VÁSQUEZ |
| 20. | Fundación SONAMI | GONZALO CID |

**Mesa Técnica 2.**
Tema: Validación de procesos para la actualización y levantamiento de perfiles en base a levantamiento de información
Jueves 2 de diciembre de 2021

| | Institución | Participante |
|---|---|---|
| 1. | ACTI | SOLEDAD FERNÁNDEZ |
| 2. | CCM | VERÓNICA CID |
| 3. | CEIM | DANIELA CONCHA |
| 4. | CEIM | EDUARDO TORRES |
| 5. | CEIM | MARÍA ARIAS |
| 6. | CEIM | MILTON FLORES |
| 7. | CEIM | PILAR CAMPERO |
| 8. | MINERA ESCONDIDA | EVELYN GONZÁLEZ |
| 9. | MINERA ESCONDIDA | LUIS MONTOYA |
| 10. | OTIC PROFORMA | MICHEL FAURE |
| 11. | SENCE | MARTÍN TORRES |
| 12. | FUNDACION SONAMI | GONZALO CID |

**Mesa Técnica 3.**
Tema: Presentación resultados preliminares
Martes 18 de enero 2022.

| | Institución | Participante |
|---|---|---|
| 1. | ACTI | SOLEDAD FERNÁNDEZ |
| 2. | CCM | VERÓNICA CID |
| 3. | CEIM | DANIELA CONCHA |
| 4. | CEIM | EDUARDO TORRES |
| 5. | CEIM | MARÍA ARIAS |
| 6. | CEIM | MILTON FLORES |
| 7. | CEIM | PILAR CAMPERO |
| 8. | MINERA ESCONDIDA | EVELYN GONZÁLEZ |
| 9. | MINERA ESCONDIDA | LUIS MONTOYA |
| 10. | SENCE | MARTÍN TORRES |
| 11. | FUNDACION SONAMI | GONZALO CID |

**Mesa Técnica 4.**
Tema: Presentación resultados finales
Miércoles 9 de marzo de 2022

| | Institución | Participante |
|---|---|---|
| 1. | AXION | JAVIER SIERRA |
| 2. | CCM-ELEVA | VERÓNICA FINCHEIRA |
| 3. | CEIM | DANIELA CONCHA |
| 4. | CEIM | EDUARDO TORRES |
| 5. | CEIM | MARÍA ARIAS |
| 6. | CEIM | MILTON FLORES |
| 7. | CEIM | PILAR CAMPERO |
| 8. | CHILEVALORA | DANIELA CONTADOR |
| 9. | MINERA ESCONDIDA LTDA. | LUIS MONTOYA |
| 10. | SENCE | MARTÍN TORRES |
| 11. | FUNDACION SONAMI | GONZALO CID |

OTIC
PROFORMA
Gestionando Personas

sence

CEIM

Fundación
SONAMI