



**UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**ESTUDIO DE CASO  
“FORMULACIÓN DE INSTRUMENTOS DE FOMENTO A LA INNOVACIÓN  
EN PEQUEÑA MINERÍA”.**

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGÍSTER EN GESTIÓN Y POLÍTICAS PÚBLICAS**

**FREDDY RODRIGO PASTEN REINOSO**

**PROFESOR GUÍA:  
PATRICIO AGUILERA POBLETE**

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN:  
VIVIEN VILLAGRÁN ACUÑA  
MARÍA PÍA MARTIN MÜNCHMEYER**

**SANTIAGO DE CHILE  
2013**

**RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR AL  
TITULO DE: Magister en gestión y políticas públicas.  
POR: Freddy Rodrigo Pasten Reinoso.  
FECHA: 18 diciembre 2013.  
PROFESOR GUÍA: Patricio Aguilera Poblete.**

**FORMULACIÓN DE INSTRUMENTOS DE FOMENTO A LA INNOVACIÓN EN PEQUEÑA  
MINERÍA.**

La pequeña minería es apoyada por ENAMI, con su política de fomento enfocada en créditos para la operación y una línea de transferencia de innovación, que en muchos casos ha sido utilizada en capacitaciones. Además este segmento sigue utiliza maquinarias importadas, no aptas para sus operaciones mineras, haciendo no eficiente las operaciones. Por lo anterior es necesario desarrollar innovación que permita trabajar con mejores costos las diferentes operaciones mineras.

Se propone desarrollar una investigación que tenga como eje principal formular instrumentos de fomento a la innovación en pequeña minería, este objetivo general está integrado por tres objetivos específicos:

- Diagnosticar las áreas en que se requiere innovación para la pequeña minería.
- Desarrollar un modelo de innovación para la pequeña minería que integre a ENAMI, y genere una ventaja competitiva a largo plazo.
- Formular instrumentos de fomento para la innovación de la pequeña minería.

El primer objetivo se desarrolló a través de estudio Delphi, también se revisaron estudios de la pequeña minería y se efectuó un focus group con una asociación minera, lo anterior para definir las áreas donde se debería innovar.

El segundo objetivo se generó a través de entrevistas exploratorias a expertos de innovación y la revisión de dos modelos de innovación, luego de lo cual se derivó un modelo de innovación para la pequeña minería.

En el tercer objetivo se revisaron instrumentos de fomento, se propusieron algunas modificaciones y también la creación de nuevos instrumentos de fomento.

Las principales conclusiones radican en que las áreas donde existe consenso a innovar son “Extracción”, “Exploración y reservas” y “Asociatividad”. El modelo de innovación debe ser integrado por varios actores: Empresas proveedoras, ENAMI, las asociaciones mineras, pero principalmente debe existir una unidad especializada en levantar las necesidades de innovación a nivel de las asociaciones. Al analizar los instrumentos de fomento se determinó que existen instrumentos en la línea CORFO que podrían ser ocupados, pero que deberían tener un aporte de ENAMI, para generar incentivos a empresas proveedoras de entrar en este nuevo mercado, además de la creación de instrumentos para la inteligencia tecnológica. Esta investigación también busca hacer puente entre dos áreas no muy comunicadas: la política pública y la minería.

## AGRADECIMIENTOS

*A mi madre, a mi padre, a mi familia y a mis amigos.*

## TABLA DE CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN .....	7
II.	MARCO CONCEPTUAL .....	9
1.	La Innovación tecnológica que genera quiebres en la minería nacional .....	9
2.	La Innovación y la productividad minera .....	10
3.	La Visión de un experto en Innovación minera internacional.....	11
III.	ANTECEDENTES .....	13
1.	La Minería en Chile.....	13
2.	Marco Legal .....	13
a.	Nueva institucionalidad ambiental Ley 20.417 .....	15
b.	Instituciones del Sector Minero .....	16
c.	Los Procesos Mineros.....	19
3.	ENAMI y el fomento a la pequeña y mediana minería .....	23
a.	Identificación de segmentos .....	23
b.	ENAMI.....	26
4.	Dificultades de la pequeña minería.....	32
a.	Asimetría de información.....	33
5.	Innovación.....	34
a.	Conceptualización del proceso de Innovación Tecnológica.....	35
b.	Modelos de Innovación Tecnológica.....	36
c.	La Innovación Abierta.....	39
d.	Modelos de innovación desarrollados en la minería nacional.....	41
IV.	PRIMER OBJETIVO ESPECÍFICO: DIAGNOSTICAR LAS ÁREAS DE NECESIDADES DE INNOVACIÓN PARA LA PEQUEÑA MINERÍA.....	43
1.	Desarrollo de tecnología para la pequeña y mediana minería (Estudio realizado por CIMM Y USACH). .....	43
a.	Problemas tecnológicos: .....	44
b.	Problemas de gestión.....	44
c.	Problemas de la comercialización .....	45
d.	Las fortalezas de las pequeñas minería.....	46
2.	Estudio medición de la cultura de innovación en la minería de mediana escala Chile. ....	46

a.	Conclusiones preliminares de la investigación.....	47
b.	Conclusiones finales de la investigación .....	49
3.	Diagnóstico actual y futuro de la pequeña minería en la provincia de Tocopilla .....	49
4.	Parámetros de la encuesta Delphi .....	51
a.	El Delphi se desarrolló a través de los siguientes pasos .....	51
b.	Ejecución y resultados del Delphi.....	53
c.	Primera Ronda de Encuesta Delphi.....	54
d.	Conclusiones Preliminares de la Encuesta: .....	57
e.	Segunda Ronda de Delphi .....	60
5.	Focus Group a Pequeña Minería .....	66
a.	Desarrollo de la Delphi Grupal .....	67
6.	Conclusiones objetivo específico 1 .....	69
a.	Pequeña minería con baja mecanización (100-300 Ton/mes).....	69
b.	Pequeña Minería con mecanización media (300-2.000 Ton).....	71
V.	SEGUNDO OBJETIVO ESPECÍFICO: DESARROLLAR UN MODELO DE INNOVACION PARA LA PEQUEÑA MINERIA .....	75
1.	Entrevistas Exploratorias a Expertos de Innovación, investigación y tecnología Minera. ....	75
2.	Modelos de innovación en la Minería.....	78
a.	Modelo de Innovación Participativa.....	78
b.	Modelo de gestión de innovación propuesto por el CIMM y la USACH .....	84
c.	Modelo de Innovación Propuesto para la pequeña minería. ....	87
3.	Incentivos para desarrollar el modelo de innovación.....	93
a.	Estrategia en el modelo de innovación para la pequeña minería.....	94
4.	Conclusión objetivo específico II.....	95
VI.	TERCEROBJETIVO ESPECÍFICO: FORMULACIÓN DE INSTRUMENTOS DE FOMENTO PARA LA INONVACIÓN DE LA PEQUEÑA MINERIA.....	96
1.	Necesidades de Fomento de Innovación .....	96
2.	Instrumentos de fomento de innovación minera. ....	97
a.	Instrumentos Genéricos de fomento a la innovación y el emprendimiento. ....	97
b.	Instrumentos actuales de fomento a la innovación minera. ....	98
3.	Instrumentos a Proponer .....	103
4.	Resumen de los instrumentos de Innovación para la Pequeña Minería .....	104

a.	La Sinergia de los instrumentos de gestión Pública generadores de innovación para la pequeña Minería. ....	104
b.	Instrumentos de innovación en la Pequeña Minería y su relación con la Política Pública Presente .....	106
5.	Conclusión objetivo específico 3 .....	109
VII.	CONCLUSION FINAL.....	111
VIII.	GLOSARIO (Resumen del manual de minería en CHILE) .....	114
IX.	Referencias Bibliográficas .....	117
X.	ANEXO 1: PREGUNTAS DELPHI .....	119

## I. INTRODUCCIÓN

La minería en Chile representa una importante actividad económica. Está integrada por tres grupos: El primero constituido por la gran minería, en la que se encuentra Codelco y las demás empresas, en su mayoría transnacionales, el segundo grupo está integrado por la mediana minería, que en su mayoría son empresas nacionales, y el tercer grupo lo conforma la pequeña minería, que está constituida por empresas pequeñas y emprendedores artesanales.

La gran minería en Chile ha podido generar grandes proyectos, debido a las fuertes inversiones en exploraciones de minerales que son rentables para la operación y la utilización de un enfoque operacional altamente tecnificado, que ha involucrado cada vez más innovaciones de maquinarias y de procesos que minimizan los costos operacionales y optimizan las rentabilidades.

En Chile las políticas de fomento y desarrollo de competitividad de la mediana y pequeña minería están definidos en el decreto 76, el cual determina a ENAMI como el organismo ejecutor de las políticas ya mencionadas.

Al analizar el enfoque de estas políticas en la pequeña minería, se encuentran dos maneras de implementación. La primera a través de instrumentos de fomento, dentro de los cuales están: Programas de reconocimiento de reservas, desarrollo de capacidades competitivas, créditos para el desarrollo minero y el acceso al mercado, la segunda está enfocada a generar un mecanismo financiero para sustentar los precios de compra de los minerales en períodos de bajos precios.

Para el caso de la mediana minera, las políticas de fomento están enfocadas en asegurar la compra de minerales de estos yacimientos a un precio competitivo (incluso recurriendo a mercados a futuro para dar certidumbre a los precios de venta de cobre), y otorgar créditos como capital de trabajo.

ENAMI, dentro de sus instrumentos de fomento enfocados al desarrollo de necesidades competitivas, considera: “Mejorar la capacidad empresarial, desarrollar una transferencia tecnología, aportar a una producción limpia y desarrollar estudios técnicos”. Sin embargo, en los puntos anteriores, no está considerado el desarrollo de la innovación como forma de mejorar la competitividad de las pequeñas y mediana mineras.

La mediana minería y pequeña minería no tienen la misma escala de producción de la gran minería, por lo tanto resulta difícil invertir de manera individual en actividades de innovación y mejoramiento que les permita optimizar los costos operacionales. Estos segmentos producen a nivel agregado aproximadamente el 8% de la producción de cobre y el 22% de la producción de oro, la producción de plata es complementaria en muchos casos a los procesos de oro o cobre. Según informes de la SONAMI<sup>1</sup> los costos de explotación unitarios de la mediana minería son un 11% mayor que los costos de la gran minería, pero es en la pequeña minería donde se produce una diferencia aún mayor, siendo los costos unitarios de este segmento un 18% mayor que la gran minería. Por lo mismo se considera relevante, como una forma de mejorar la competitividad, el poder disminuir los costos operacionales de estos yacimientos y generar una ventaja competitiva de los mismos. Al revisar la evidencia empírica, se constata que los instrumentos existentes de apoyo a la pequeña y mediana minería no han podido mejorar la competitividad de estos segmentos.

Es necesario desarrollar instrumentos que fomenten la innovación en la pequeña minería, la cual a partir de la introducción de nuevos conocimientos, de nuevos métodos y nuevos procesos organizacionales<sup>2</sup>, dé como resultado una ventaja competitiva en los costos y productividad, además de incorporar a ENAMI como socio estratégico, ya que al final es esta la organización que tiene el poder de comprar los minerales.

### **Objetivo General**

- Formular un instrumento de política pública que fomente la Innovación en la pequeña minería, integrando a ENAMI como socio estratégico.

### **Objetivos Específicos**

- Diagnosticar las áreas en que se requiere innovación para la pequeña minería.
- Desarrollar un modelo de innovación para la pequeña minería que integre a ENAMI, y genere una ventaja competitiva a largo plazo.
- Formular instrumentos de fomento para la innovación de la pequeña minería.

---

<sup>1</sup> Datos de SONAMI (Sociedad Nacional de Minería).

<sup>2</sup> Definición de Innova Chile, dependiente de la CORFO.



## II. MARCO CONCEPTUAL

A lo largo de la historia, la industria minera ha debido enfrentar diversas dificultades operativas, como lo son: Disminución de las leyes del mineral, aumento de la dureza de la roca, condiciones mineralógicas adversas, las que han incidido en el aumento paulatino de los costos de operación. De este modo se han impulsado distintas iniciativas para disminuir los costos, tomando como base la investigación, la innovación y el desarrollo tecnológico.

En la industria minera principalmente se utilizan las innovaciones tecnológicas. Este concepto sale reforzado en el estudio desarrollado por COCHILCO Vives (2005: 3), donde se presenta un estudio de caso de innovación tecnológica en Codelco. En este estudio se señalan dos tipos de Innovaciones tecnológicas, una de ellas es la innovación incremental; definida como el mejoramiento sucesivo de los productos y procesos de la cadena de valor, y la otra es la innovación radical (quiebre tecnológico), en este caso son innovaciones tecnológicas de alto impacto.

A continuación se expone un resumen de las innovaciones en Codelco, en el mundo y su hipotético impacto en la pequeña minería.

### 1. La Innovación tecnológica que genera quiebres en la minería nacional

La minería, bajo un constante enfoque de búsqueda de la competitividad, ha debido desarrollar un enfoque altamente innovador. En particular, uno de los factores principales está relacionado con las características de los yacimientos, ya que en la medida en que son explotados, se reducen paulatinamente las leyes<sup>3</sup>, y en consecuencia aumentan los costos de operación<sup>4</sup>, puesto que para obtener una misma producción de metales se necesitan obtener mayores volúmenes de mineral. Una de las formas de enfrentar este problema es la implementación de innovaciones tecnológicas que puedan reducir los costos de operación.

---

<sup>3</sup> Leyes en minería significa el porcentaje de mineral presente en una tonelada extraída de un yacimiento minero, representa un parámetro fundamental para el desarrollo de un proyecto.

<sup>4</sup> Los costos de operaciones se refiere a los costos de extracción y procesamiento del mineral.

Algunas reseñas de este tipo de innovaciones:

- a) Uno de los primeros antecedentes de innovación minera en Chile, fue el desarrollado en 1977, creando el convertidor Teniente, el cual entrega un producto intermedio llamado metal blanco. Esta iniciativa nació en respuesta a la necesidad de mayor capacidad de fundición de las refinerías de CODELCO. Actualmente esta innovación tecnológica ha sido aplicada con éxito en varias operaciones mineras del mundo.

Hasta 1991 la innovación en CODELCO se basó en un esquema de innovación reactiva, que consistía en dar solución a problemas presentes en la operación minera.

Entre los años 1991 y 1994, se inició la etapa de fomento a la innovación caracterizado por la inclusión de mejoramiento continuo en la operación, en el año 1995 se decide entrar en el ámbito de la institucionalidad tecnológica.

Con la puesta en escena de la institucionalidad tecnológica, CODELCO comprende que la innovación es uno de los pilares estratégicos para consolidar su posición de liderazgo y mantener su competitividad. Es así como en el año 1996 la Corporación promulga la Política de “Investigación, innovación y tecnología de Codelco-Chile “ y a principios de esta década, incorpora la innovación tecnológica dentro de sus impulsos estratégicos. Esta Política se materializó en programas capaces de generar cambios significativos en los procesos operativos a los cuales se les denominó: “Quiebre Tecnológicos”.

En síntesis, la evolución de la innovación tecnológica en CODELCO ha transitado desde el mejoramiento continuo e innovaciones incrementales, pasando por la adaptabilidad de tecnologías, hasta llegar en la actualidad a estudios de innovación tecnológica proactiva, cuyo objetivo es generar cambios de fuerte impacto.

## **2. La Innovación y la productividad minera**

La Dirección estudios de COCHILCO; Pérez (2009), desarrolló un estudio enfocado a analizar la productividad laboral en la minería del cobre. En este estudio se analizaron varios estudios para el caso de Estados Unidos. Tilton & Landsberg (1977), tomando como referencia el período 1970-1995, donde se analizó la caída y posterior recuperación en la industria americana, concluyendo que el importante salto en la productividad observada a mediados de los 80, fue impulsada principalmente por el desarrollo de nuevas innovaciones y tecnologías. Aydin & Tilton (2000)

analizan el descubrimiento de nuevos depósitos, el rol de la innovación y el desarrollo de nuevas tecnologías. Ellos concluyeron que para el período de 1975-1995, el efecto de la entrada de nueva producción sobre la productividad laboral es casi marginal. En su contrapartida el desarrollo de la innovación y la tecnología, son determinantes para conseguir cambios significativos y sostenibles en el tiempo (Estos análisis fueron concluidos después de una serie de estudios de los yacimientos de cobre de Estados Unidos).

### **3. La Visión de un experto en Innovación minera internacional**

En la minería mundial se destaca a AMIRA, que es una asociación internacional formada en 1959. Creada por el sector minero australiano, actualmente es una asociación independiente de las empresas que tiene como misión desarrollar innovaciones tecnológicas para sus miembros asociados, con el objetivo de que éstos mejoren su competitividad y eficiencia operacional. Esta asociación ya está presente en Chile desarrollando algunos proyectos y en un seminario desarrollado por SONAMI, AMIRA expuso; Silva (2008: 12) lo siguiente:

#### **Fuentes de innovación para Chile:**

- Eficiencia en el uso y gestión sustentable del agua.
- Eficiencia energética en procesos mineros de alto consumo.
- Fortalecimiento de la sustentabilidad ambiental en tratamiento de residuos, cierre de faenas y cierre de lastres.
- Apoyo en la realización de negocios mineros, a través del levantamiento de información geocientífica para la exploración.
- Mejoramiento de los procesos productivos mina-planta, a través del desarrollo de nuevas tecnologías, automatización y minería continua.
- Fortalecimiento de la cadena de proveedores mineros.

El campo de análisis de AMIRA también ha involucrado a la pequeña y mediana minería, bajo lo cual establecen una serie de argumentos para validar la incorporación de la innovación tecnológica en este segmento de operaciones mineras:

- Ayudar a generar la próxima generación de tecnologías.
- Focalizar la academia y los centros de investigación, en problemas prácticos de enfoque industrial de la pequeña y mediana minería.
- Entrenar ingenieros y científicos con el objetivo de familiarizarlos con estos enfoques poco explorados por estos profesionales.
- Generar un grado de apalancamiento de la investigación y desarrollo en la pequeña y mediana minería.

Considerando los diferentes enfoques señalados en el marco conceptual, es necesario profundizar en modelos de innovación y también en políticas de fomento que permitan a la pequeña y mediana minería ser más competitivas en costos, para generar ventajas competitivas que les permitan ser más sustentables en términos económicos y operacionales.

El enfoque de poner la capacidad operativa como centro de la eficiencia en minería, radica en que el precio es una variable exógena, por lo anterior, cualquier política de fomento a la pequeña minería no debería de abordar la variable precio, como se expondrá en la investigación, sino debe de generarse una política de fomento enfocada en los costos y en la capacidad operativa.

### **III. ANTECEDENTES**

#### **1. La Minería en Chile<sup>5</sup>**

En la actualidad, Chile es uno de los grandes productores de cobre en el mundo (33% de la producción mundial), siendo el principal producto de exportación de la economía Chilena. Desde 1990 el país ha triplicado su producción de cobre. De esta forma en el 2010 representó un 19,2% del Producto Interno Bruto y la producción de cobre representó un 22% a los ingresos del país

Hoy, los principales productos comercializados por Chile son cátodos y concentrados de cobre. Su destino son países industrializados y países en vías de industrialización como China. Destaca la concentración de las exportaciones en los mercados de Asia y Europa Occidental, lo que refleja un alto grado de dependencia en estos mercados.

#### **2. Marco Legal**

En Chile, la actividad minera está regulada en términos generales por la Constitución Política de la Republica de 1980, así como la Ley Orgánica Constitucional de Concesiones Mineras Nro. 18.097 y el Código de Minería, además de varios reglamentos y decretos donde destaca principalmente el Decreto Supremo Nro. 76 que contiene la política de fomento de la pequeña y mediana minería.

Además actualmente se ha creado un fuerte realce en la ley 19.300, la cual regula el sistema de evaluación ambiental que le permite a una operación minera, poder operar en un medioambiente, con una contaminación controlada y desarrollando acciones de mitigación que permitan equilibrar el impacto realizado por la operación.

A continuación se exponen tres cuadros resúmenes, donde se destacan las diferentes leyes que dan el marco regulatorio a la exploración, desarrollo y cierre de las operaciones mineras en Chile.

---

<sup>5</sup> Anuario de la minería en Chile 2011 SERNAGEOMIN (Sociedad Nacional de Minería).

## Cuadro 1: Normativa Relevante para la Exploración Minera

Norma Legal	Contenido
Constitucion Politica de la Republica Art. 19 Nro. 24 inciso seis a diez	Fija el regimen de propiedad del Estado sobre las minas. Señala que corresponde a la ley determinar que sustancias pueden ser objeto de concesión. Establece la forma en que se constituye las concesiones y como se extinguen.
Ley Nro. 18.097 Ley Organica Constitucional sobre concesiones mineras	Contiene temas sobre las concesiones mineras en general, los derechos y obligaciones del concesionario y su duracion y extincion
Ley Nro. 18.248 de 1983 del Ministerio de Minería, Código de minería	Regula aspectos relativos a la adquisicion de derechos mineros y el objeto y forma de las concesiones mineras, las servidumbres sobre predios superficiales; los contratos y sociedades mineras
DS Nro. 1 de 1987, Reglamento de minería	Contiene normas y conceptos sobre la forma de la concesión, el procedimiento de constitucion, prorrogas de la concesión, patentes entre otras.
Decreto Ley Nro. 3.525 de 1980 crea el servicios nacional de geología y minería	Establece las funciones del servicio, que incluye la compilacion de datos geologicos, mineros y geoquimicos
DS Nro. 76 del 2004, del ministerio de minería: Política de Fomento de la pequeña y mediana minería	Establece mecanismos para incentivar la actividad minera en distintas etapas
Ley 19.300, sobre bases generales del medio Ambiente	Establece los procedimientos aplicables al SEIA (Tipo de proyecto que ingresa al sistema y participacion de la comunidad, etc)

Fuente: Tabla Nro. 1 “Texto manual informativo sobre la minería en CHILE”. Año 2011

El cuadro Nro. 1, se caracteriza por destacar la legislación que una empresa debería de considerar en labores de exploración, es decir en el proceso que tiene por objetivo identificar y evaluar económicamente la rentabilidad de los yacimientos mineros.

## Cuadro 2: Normativa enfocada en la operación minera

Norma Legal	Contenido
D.S. Nro. 132 de 1985 del Ministerio de minería	Tiene por objeto la seguridad de las faenas en todas las etapas del proceso minero, contiene normas relativas a la seguridad y proteccion personal
Reglamentos varios	D.S. Nro. 148 relativo al manejo de residuos peligrosos D.S. Nro. 594/99 sobre las condiciones ambientales y sanitarias basicas en un lugar de trabajo
Decreto Ley Nro. 1122 de 1981 del Ministerio de justicia código de aguas	Establece normas relativas al aprovechamiento y utilizacion de estos recursos

Fuente: Creación propia<sup>6</sup>.

### Cuadro 3: Normativa vigente cerrar una mina

Normal legal	Contenido
Ley Nro. 19.300 sobre bases generales del medio ambiente	Establece las normas relativas al medio ambiente. Regula el SEIA, establece responsabilidades por daño medioambiental, establece mecanismos de participación ciudadana. Regula los planes de cumplimiento de la legislación ambiental de las empresas que se someten al EIA
Ley Nro. 20.551 del 2011 de cierre de faenas e instalaciones mineras	Regula el cierre de faenas mineras, exige la aprobación de un plan de cierre garantizando la estabilidad física y química del lugar

Fuente: creación propia<sup>7</sup>.

#### a. Nueva institucionalidad ambiental Ley 20.417

La nueva ley 20.147 tiene los siguientes fundamentos:

- La necesidad de precisar las competencias ambientales.
- La necesidad de contar con un ministerio encargado de políticas
- La necesidad de fortalecer la institucionalidad ambiental
- La necesidad de un sistema de fiscalización eficaz y eficiente
- La necesidad de gestionar temas relativos a biodiversidad y áreas protegidas

La ley presenta lo siguiente:

- **Consejo de ministros para la sustentabilidad:** Es un órgano de la deliberación de la política pública y regulación general en materia ambiental (Art. 71).

<sup>6</sup> El cuadro 2 es una síntesis de la tabla Nro. 4 del “Manual informativo de la Minería en CHILE”, se depuró con el objetivo de destacar aquellas leyes no mencionadas en el cuadro 1.

<sup>7</sup> El cuadro 3 es una síntesis de la tabla Nro. 12 del “Manual informativo de la Minería en CHILE”, se depuró con el objetivo de destacar aquellas leyes no mencionadas en el cuadro 1 y cuadro 2 de la presente investigación.

- **Servicio de evaluación ambiental:** Administra el registro público de consultores certificados para el desarrollo de los DIA O EIA. Interpretación administrativa de las RCA y fomento de la participación ciudadana en proyectos (Art. 81).
- **Superintendencia:** Tiene por objetivo la gestión y fiscalización de las RCA, de las medidas de los planes de prevención y/o descontaminación ambiental, del contenido de las normas de calidad ambiental.
- **Tribunal ambiental:** Actos administrativos, reclamaciones del SEIA, fiscalización y sanciones por daño ambiental.

## b. Instituciones del Sector Minero<sup>8</sup>

### i. Organismos Públicos

- a) **Ministerio de Minería:** Es la máxima autoridad del sector. Su misión institucional es diseñar, difundir y fomentar políticas mineras que incorporen la sustentabilidad y la innovación tecnológica a fin de maximizar el aporte sectorial al desarrollo económico, ambiental y social del país.

De este ministerio dependen la Comisión Chilena del cobre (COCHILCO) y el Servicio nacional de geología y minería (SERNAGEON).

También están vinculadas a este ministerio dos empresas públicas. La Empresa Nacional de Minería (ENAMI) y la Corporación Nacional del Cobre (CODELCO).

- b) **COCHILCO:** Asesora al Gobierno en materias relacionadas con producción de cobre y todas las sustancias minerales metálicas y no metálicas, exceptuando el carbón y los hidrocarburos. Resguarda los intereses del Estado mediante la fiscalización y la evaluación de la gestión e inversión de sus empresas mineras y asesora el Ministerio de Hacienda y Minería en la elaboración y seguimiento de sus presupuestos. Depende directamente del Presidente de la República, pero se relaciona con éste a través del Ministerio de Minería.
- c) **SERNAGEOMIN:** Entre sus principales funciones destaca la producción y provisión de información y producción geológica; como la carta geológica básica de Chile, el ejercicio de la gestión pública de fiscalización de las condiciones de seguridad minera y diseño e ingeniería de tranques de relaves, la entrega de asistencia técnica en materias de constitución de propiedad minera y de hacer cumplir la normativa sobre cierre de faenas y operaciones mineras. Depende del

---

<sup>8</sup> Datos de Sonami (Sociedad Nacional de Minería)



Presidente de la República, pero se relaciona con éste a través del Ministerio de Minería.

- d) **CODELCO-CHILE:** Es el primer productor de cobre del mundo. La empresa es propiedad del Estado y su negocio principal es la exploración, desarrollo y explotación de recursos mineros de cobre y subproductos, su procesamiento hasta convertirlo en cobre refinado hasta su comercialización.
- e) **ENAMI:** Fomenta el desarrollo de la pequeña y mediana minería, apoyándola mediante la asistencia técnica desde el reconocimiento y determinación de reservas (exploración), hasta la tecnificación de los procesos de producción y la fundición, para terminar con la colocación de los productos en los mercados internacionales.
- f) **Ministerio de Medioambiente:** Es el órgano del Estado encargado del diseño, aplicación de políticas, planes y programas en materia ambiental, así como la protección de la diversidad biológica, promoviendo el desarrollo sustentable, la integridad de la política ambiental y su regulación normativa.

## *ii. Organismos Privados Productivos*

- a) **Compañías Mineras Extranjeras:** Son organizaciones extranjeras que han invertido en CHILE, como resultado de grandes campañas de exploración en búsqueda de yacimientos de envergadura, también la proliferación de estas organizaciones se debe a la solidez institucional de CHILE y las garantías que ofrece a la inversión extranjera. Dentro de estas compañías están Angloamerican, Bhp billiton, entre otras.
- b) **Compañías Mineras de Capitales Chilenos:** Son compañías mineras de capitales chilenos y que tiene proyectos de envergadura respetable, una parte de la gran minería pertenece a Antofagasta Minerals, el cual representa el holding minero más grande que es controlado por capitales chilenos. La mediana minería tiene una alta concentración de capitales chilenos, siendo posiblemente la compañía minera punta del cobre; el holding más importante, ya que tiene operaciones y futuros proyectos de inversión.
- c) **Compañías Proveedoras de la Minera Extranjeras:** Son compañías proveedoras de los más diferentes servicios que se han instalado en Chile, como resultado de la inversión en los proyectos mineros. Destacan en este grupo Komatsu y Fininng CAT, por ser empresas que proveen equipos a la minería mundial.
- d) **Compañías proveedoras de la Minera de Capitales Chilenos:** Son compañías, que se han enfocado principalmente en servicios de mantención de

plantas y equipos industriales, sus niveles de innovación y desarrollo son menores en comparación a los proveedores extranjeros.

**e) Productores de pequeña Minería:** Son productores que en su gran mayoría trabajan como pequeñas empresas, en el proceso de extracción del mineral (Oro, plata o cobre), el cual venden a ENAMI. Este segmento productivo es apoyado por un programa de fomento que busca el fortalecimiento de la competitividad de estas pequeñas operaciones.

### *iii. Instituciones gremiales y Centro de Investigación*

- a) **Asociación de Industriales:** Son instituciones gremiales que buscan la representación de un grupo de empresas mineras o proveedoras de una zona determinada. Destacan la asociación de industriales de Antofagasta, por representar a una parte importante de empresas relacionadas a la gran minería y la asociación de industriales de Mejillones, por representar al puerto estratégico de la minería.
  
- b) **Sonami:** Es un organismo gremial que presenta políticamente a empresas de la gran, mediana y pequeña minería nacional, además de empresas proveedoras de la minera.
  
- c) **Consejo Minero:** Es un organismo que agrupa a las compañías mineras más grandes que operan en Chile.
  
- d) **Asociaciones de Pequeña Minería:** Son asociaciones que presentan políticamente a los productores mineros de una zona determinada, en Chile existen cerca de 30 asociaciones de este tipo, destacándose las de Atacama, por representar buena parte de la pequeña minería.
  
- e) **Centro de Investigación:** Son instituciones de características académicas e investigativas, que se han desarrollado en conjunto con la minería. Destaca el IM2 que es el centro de investigación minera de CODELCO, también el CSIRO que es el centro de alta tecnología minera australiana, CIMM (Centro de investigación minero metalúrgico), además se debe considerar los centros de investigación de las Universidades Mineras (Universidad de Chile, Pontificia Universidad Católica, Universidad de Concepción, Universidad Técnica Federico Santa María, Universidad de la Serena, Universidad de Atacama, Universidad de Antofagasta y Universidad Católica Del Norte).

## c. Los Procesos Mineros<sup>9</sup>

### i. Exploración Minera

La exploración y prospección minera corresponden a la primera etapa del ciclo minero. Esta fase consiste en la búsqueda y evaluación de recursos naturales y se extiende hasta el momento en que, en base a una serie de estudios, se decide si el proyecto es rentable para comenzar la producción.

A veces los proyectos se descartan, se venden o se reservan para otro momento más rentable, en que el precio del metal haya subido, o bien cuando se encuentre un proceso tecnológico que permita su recuperación más económica.

Toda mina nueva comienza con un proyecto de exploración, sin embargo la mayoría de los proyectos de exploración no llegarán a convertirse en minas. La exploración puede realizarse en zonas nuevas donde antes no se ha encontrado mineral, o en terrenos cercanos a una faena minera para buscar yacimientos adicionales. Incluso se puede explorar dentro de una mina en explotación para expandir el yacimiento mineral.

La exploración generalmente involucra un alto riesgo económico, ya que los costos invertidos sólo se recuperan en caso de concretarse en proyecto minero.

Se detalla a continuación algunas fases de la exploración:

- **Exploración básica:** Esta etapa se lleva a cabo por diferentes equipos y métodos, que van desde la utilización de herramientas tradicionales a otras mucho más sofisticadas.

#### **Pasos de la exploración básica:**

- **Análisis de información:** Una vez definido el tipo de yacimiento que se está buscando, se recopila toda la información posible sobre una región de interés, cartografías, planos distritales, etc.
- **Reconocimiento preliminar en terreno:** Con la ayuda de la cartografía del paso anterior, se envía a un geólogo a reconocer el terreno, para determinar si se dan las condiciones geológicas necesarias para la existencia de una mineralización de interés para

---

<sup>9</sup> Resumen del “Manual informativo sobre la minería”, desarrollado por el Ministerio de minería y el Gobierno de Canadá.

la empresa, se toman muestras y se busca determinar la ley o porcentaje de mineral contenido en una tonelada promedio de roca.

- **Programa de Toma de Muestras de Superficie para un Análisis Geoquímico:** Se toman muestras de roca o suelo de forma sistemática siguiendo un mapa topográfico con los lugares mineralizados.
- **Perforación y Excavaciones:** En esta etapa se utiliza un proceso mecánico a través del cual se obtienen testigos (muestras a profundidad), los cuales son necesarios para establecer cuadros estadísticos con el potencial de yacimiento.

## *ii. Desarrollo de proyectos mineros*

En la segunda etapa del ciclo minero, una vez ubicado el yacimiento minero, se realizan una serie de estudios para determinar si puede ser explotado rentablemente y, si es así, se construye una mina, la cual tiene las siguientes variables a evaluar:

**Plazos:** El desarrollo de un proyecto minero puede tardar entre 3 a 10 años, dependiendo de su ubicación tamaño y complejidad. Varios factores entran en consideración, tales como: necesidad, acceso de energía, agua, infraestructura, los precios internacionales y cambios en el marco regulatorio.

**Costos:** Los recursos requeridos para desarrollar un proyecto minero dependen de distintos factores:

- El tipo de mina (Rajo abierto o subterránea)
- El tamaño de la mina.
- El trabajo y tiempo requerido para recolectar la información, completar los estudios ambientales y tramitar los permisos.
- La ubicación de la mina y condiciones de operación (distancias a vías de transportes, puertos, etc.)

## a) Actividades del Desarrollo de un Proyecto Minero.

El desarrollo de un proyecto minero integra parte de enfoque metodológico, pero también aborda temas relacionados con la gestión mina de operación. A continuación nombramos las partes que integran esta fase:

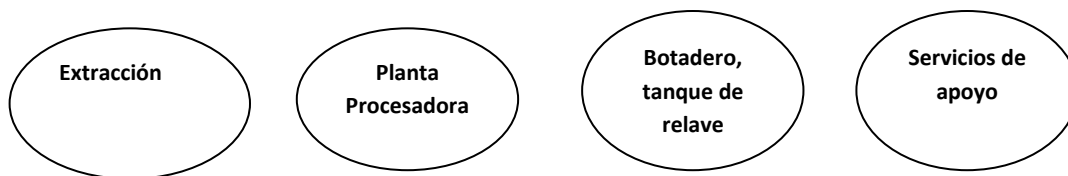
- Planeamiento de la mina (Estudio nivel perfil).
- Estudio de prefactibilidad del proyecto.
- Estudio de factibilidad del proyecto (Ingeniería básica).
- Implementación del proyecto (Ingeniería de detalle, compra de equipo y materiales de construcción).

### iii. Explotación minera

La explotación minera es la tercera etapa del ciclo minero y consiste en las actividades de extracción y procesamiento del mineral.

Las operaciones mineras pueden ser subterráneas cuando el mineral se encuentra a mucha profundidad, o a rajo abierto cuando el mineral se encuentra cerca de la superficie. Instalaciones de una operación Minera:

**Figura 1: Fases de una Operaciones Minera**



Fuente: Creación propia

- El área de extracción (socavón o rajo abierto) son los lugares donde se extrae el material que contiene el mineral.
- Una vez que el material es extraído, pasa por un proceso de chancado para concentrar su pureza y darle valor comercial. Para esto se le somete a un tratamiento metalúrgico llamado concentración, que se lleva a cabo en la planta

procesadora que generalmente se encuentra cerca de la mina. Allí se separa la roca que contiene el material con valor comercial (mineral), de la roca sin valor que la rodea (estéril). El procesamiento de mineral se realiza en varias etapas (ejemplo: chancado, molienda, concentración, lavado, etc.), y utiliza diferentes procesos dependiendo del mineral que se esté trabajando.

- a) Proceso de Lixiviación (cobre):** Este proceso se basa en que los minerales oxidados son sensibles al ataque de soluciones acidas, se aplica una solución de este tipo al material triturado proveniente del chancado. Este material se acumula en pilas de lixiviación sobre áreas de terreno protegido por geomembranas y es regado (con aspersores o por goteo) durante 50 días con una solución de ácido sulfúrico y agua. De allí se genera una mezcla homogénea, que para el caso del tratamiento del cobre, corresponderá a una solución de sulfato de cobre. El líquido recolectado acarrea los resultados resueltos y es llevado a las plantas de extracción, donde mediante corriente eléctrica (electro-obtención), se extrae el material disuelto para formar planchas de metal de alta pureza.
- b) Proceso de Flotación (cobre):** Para el caso de los materiales sulfurados, el material chancado pasa por un proceso de molienda y remolienda, llevándolo a un tamaño muy fino y mediante un proceso donde se agregan aditivos químicos que producen la flotación de las partículas con minerales, se elimina parte de las impurezas obteniendo un concentrado de mineral que una vez seco constituye un polvo fino. De la concentración se obtienen productos que contienen una pequeña fracción del mineral tratado, en tanto que la mayor parte pasa a ser relaves. Los concentrados se refinan en fundiciones.
- Como consecuencia del minado, se generan materiales de desecho los cuales son depositados en botaderos o relaves, los cuales son depósitos que cuentan con un proceso tecnológico que permite acopiar de manera segura estos desechos.
  - Finalmente en la operación minera se requieren servicios de apoyo, tales como talleres mecánicos, laboratorios, campamentos, bodegas y oficinas, etc.

#### ***iv. Cierre de una Mina***

Los yacimientos minerales son recursos no renovables, por lo anterior la minería hace un uso temporal de la operación, luego de lo cual debe proceder a cerrar la operación minera. Las razones más comunes del cierre de una mina son las siguientes:

- Agotamiento del recurso mineral.
- Bajo precio del metal.

- Condiciones naturales difíciles, como la falta de agua.
- Incremento de los costos de operación.

El plan de cierre debe ser elaborado en conformidad con la resolución de calificación ambiental (RCA), de acuerdo a la ley 19.300.

### 3. ENAMI y el fomento a la pequeña y mediana minería

#### a. Identificación de segmentos<sup>10</sup>

##### *i. Pequeña Minería.*

La pequeña minería agrupa a productores con instalaciones propias, o de terceros que explotan hasta 300 toneladas de mineral al día para venta directa en bruto, o para el procesamiento de plantas de beneficio, ello significa producir 100.000 tms/año, lo que equivale hasta 1.500 toneladas de cobre fino al año. En lo específico, son productores de la pequeña minería los que entregan a ENAMI los siguientes volúmenes por tipos de productos:

- 2.000 tms /mes de mineral a planta.
- 300 tms / mes de mineral a fundición.
- 300 tms/mes de concentrados de cobre.
- 100 tms/mes de precipitados.

Este sector produce: minerales, concentrados y precipitados de cobre; minerales y concentrados de oro y plata; oro metálico y otros minerales no metálicos.

Un elemento a resaltar referente a la propiedad, radica en que un 80% de los pequeños mineros son arrendatarios de los yacimientos.

---

<sup>10</sup> Fuentes internas ENAMI, Memoria anual 2010.

**Cuadro 4: Número de Productores, período 1998-2007**

<b>Años</b>	<b>Promedio Mensual Productores</b>	<b>Dólares x libra de cobre</b>
1998	350	0,7997
1999	362	0,7138
2000	430	0,8229
2001	446	0,7157
2002	463	0,7065
2003	506	0,8073
2004	661	1,3011
2005	740	1,6709
2006	1.210	3,053
2007	1.827	3,1854

Fuente: Datos interno de ENAMI

**a) Niveles de Venta de la Pequeña Minería**

La pequeña minería se caracteriza por vender minerales principalmente a las plantas de ENAMI, a continuación se presentan dos cuadros resúmenes con los niveles de producción de los diferentes segmentos de la pequeña minería.

**Cuadro 5: Número de productores promedio mensual 2010<sup>11</sup>.**

<b>Ley Promedio</b>	<b>Rango de Producción</b>	<b>Productores</b>	<b>Toneladas del Segmento</b>
1,5973	1.000 -2.000	49	67.550
1,7172	500 -1.000	102	68.541
1,833	300 -500	103	40.441
1,88	100 -300	414	73.167
1,756	menos de 100	1.222	36.990
		1.890	286.689

Fuente: Datos internos de ENAMI.

<sup>11</sup> y <sup>9</sup> Los cuadros 5 y 6 fueron el resultado de un proceso de análisis de una base de información entregada por ENAMI, donde se encontraban datos mensuales de la pequeña minería del año 2010.



Del cuadro 5 se puede evidenciar que la mayoría de los productores operan bajo la línea de 100 toneladas mensuales, éstos son los llamados pirquineros, los cuales trabajan con métodos muy rudimentarios de trabajo y son asistidos por el programa de fomento PAMMA. Este nivel de productores está en un nivel muy básico para invertir o desarrollar niveles de innovación en procesos o nuevas tecnologías, por lo anterior no fueron considerados para esta investigación, además no tienen capacidad productiva al no contar con equipos de inversión, son extremadamente dependientes de asistencialismos de algunos programas de la subsecretaría de minería.

Cuadro 6: Niveles de venta por rango de productores, promedio mensual 2010<sup>12</sup>.

Rango de Producción	Toneladas promedio x yacimiento	Ventas del Segmento (miles de pesos)	Ventas Prom. Men. por yacimiento
1.000-2.000	1.378,6	4.336.647	88.503.000
500-1.000	672,0	4.616.959	45.264.304
300-500	392,6	2.905.306	28.206.854
100-300	176,7	5.739.781	13.864.205
menos de 100	30,3	3.069.527	2.511.888
		20.668.220	

Fuente: Datos internos de ENAMI.

En el cuadro 6 se puede evidenciar que el segmento de 100 a 300 toneladas de producción mensuales tiene un nivel de tonelaje promedio mensual de 176,7 toneladas, lo cual supera bastante al promedio de los menores de 100 toneladas que tienen un promedio de 30,3 toneladas mensuales.

Un análisis a niveles de ingresos, los yacimientos de 100 a 300 toneladas, tiene un ingreso promedio mensual de 13.864.205 pesos, que es literalmente el ingreso de una PYME. El segmento que opera entre 1.000 y 2.000 toneladas mensuales tiene un nivel de ingreso de 88.503.000 pesos mensuales. Lo anterior evidencia que estas empresas tienen un nivel de ingresos mensuales importantes, pero no están desarrollando innovaciones como manera de generar valor en sus negocios.

## b) Nivel de Empleo

La importancia económica y social de la pequeña minería radica en su impacto en el empleo regional, en la creciente identificación de las comunidades con este sector, en aquellas localidades donde no siempre existen oportunidades de desarrollo

de una oportunidad productiva alternativa, constituyéndose la minería en su actividad económica principal, por ejemplo en localidades cordilleranas de la Regiones III y IV.

## **ii. Mediana Minería:**

Este segmento de la minería agrupa a productores que explotan entre 300 a 8.000 toneladas de producción al día, lo que también es equivalente a 1.500 a 50.000 toneladas de cobre fino al año. Producen cátodos, concentrados, precipitados y sulfatos de cobre, concentrados de oro, plata, plomo, cinc, manganeso. Las estructuras operacionales de estos yacimientos permiten integrar la mina y la planta, y los productos que entregan a ENAMI ya tienen un valor agregado a nivel de subproducto.

Este segmento está ubicado desde la Región de Arica y Parinacota hasta la Región del Libertador Bernardo O'Higgins, donde las regiones que concentran el 60% de la producción son la Región de Antofagasta y la Región de Atacama, el catastro indica que son 38 empresas, de las cuales 22 operan directamente con ENAMI, un 74 % de estos yacimientos son de productores nacionales, un 18% extranjeros y el 8% restante son capitales mixtos (un porcentaje chileno y otro extranjero).

**Nivel de empleo:** La mediana minería desarrolla principalmente en la II, III y IV regiones, aportando al empleo y bienestar económico de estas zonas. La mediana minería es un sector viable y representa un 13% del total del empleo de la minería.

## **b. ENAMI**

ENAMI es una empresa del Estado cuyo objetivo es fomentar el desarrollo de la pequeña y mediana minería, brindando servicios requeridos para acceder al mercado de metales refinados, en condiciones de competitividad.

ENAMI también busca reducir las fallas de mercados financieros y de asistencia técnica a través de instrumentos eficaces, y que por la vía de operaciones de procesos metalúrgico y actividades comerciales, permite alcanzar las economías de escala e introducir los avances tecnológicos necesarios para asegurar el acceso competitivo de los productores de la pequeña y mediana minería a los mercados globalizados. ENAMI para desarrollar este enfoque estratégico sectorial utiliza la siguiente política:

## *i. Política de Fomento de la Pequeña y Mediana Minería*

El objetivo de la Política de Fomento de la Pequeña y mediana minería está contenida en el decreto 76, esta política se enfoca en generar las condiciones necesarias, para que la actividad de la pequeña y mediana minería para que se desarrolle en forma económicamente sustentable, de manera tal que promueva la producción minera y permita el acceso fluido al mercado, de los productos resultantes.

Para el logro de este objetivo la política está estructurada sobre los siguientes principios generales:

- Estable en el mediano y largo plazo.
- Focaliza en los proyectos mineros viables y diferenciada de acuerdo a las necesidades y beneficios económicos y sociales que pretenda obtener para cada uno de los sectores productores.
- Diseñada por el gobierno y con un presupuesto anual aprobado por la ley en el Congreso.
- Basada en la compra y venta de minerales y productos mineros, en términos comerciales internacionales que reflejen o simulen mercados eficientes.
- Orientada al desarrollo sustentable de los sectores, mediante la promoción de un sistema de calidad total.
- Enfocada en potenciar la creación de valor de estos sectores, a través del reforzamiento de los programas de fomento en el reconocimiento de recursos mineros, el aprovechamiento de las economías de escala, las sinergias que genera la asociatividad.

### **a) Política de Fomento para la pequeña minería**

Para desarrollar esta política se otorga un presupuesto anual de US\$ 8.000.000, estos recursos son distribuidos a través de distintos instrumentos, los cuales se mencionan a continuación. Para profundizar en los instrumentos se tomaron diferentes cifras de la memoria de ENAMI del año 2010<sup>13</sup>.

---

<sup>13</sup> La información ocupada corresponde a la Memoria Anual de ENAMI del año 2010 desde la página 12 hasta la pagina 15.

## **Instrumentos de Fomento**

### **a.1) Fondo de Capital de Riesgo**

El fondo de capital de riesgo es un instrumento que permite disminuir el riesgo del negocio minero, mediante el apoyo al reconocimiento de reservas mineras. Este instrumento se desarrolla efectuando fondos concursables, cuya recuperación se realiza a partir de un porcentaje de participación de los flujos futuros del proyecto.

Los recursos destinados a este programa ascienden a US\$ 200.000 por mina, tanto para determinar los recursos mineros como para la formulación del diseño y la planificación del proyecto de explotación, incluidos los servicios profesionales.

El beneficiario deberá restituir el 50% de los fondos otorgados por ENAMI, y además si entrega para dominio público de ENAMI la información geológica minera, podrá acceder a un subsidio (fondos no reembolsables) equivale al 50% de los recursos asignados con un tope de US\$ 300.000. El beneficiario sólo podrá solicitar aporte no reembolsable dentro del año calendario.

Dentro del fondo de Capital de Riesgo, existen los siguientes programas de fomento:

#### **a.1.1) Reconocimiento de Recursos y Reservas**

En el 2010 se ejecutaron 214 proyectos con una inversión de US\$ 2.441.772, evidenciándose una reserva de 2,5 millones de toneladas.

#### **a.1.2) Estudios Distritales**

En el 2010 se desarrollaron 18 estudios distritales con una inversión de US\$ 725.479, aquí se priorizan áreas cercanas a los planteles de producción de ENAMI. Con el objetivo de sustentar su abastecimiento en el mediano y largo plazo.

#### **a.1.3) Asistencia Técnica**

Es un instrumento que busca apoyar el desarrollo de la pequeña minería a través de consultoría especializada, con el fin de facilitar la ejecución de los mismos proyectos o bien mejorar su productividad. En el año 2010 se ejecutaron 30.000 asistencias técnicas con una inversión de US\$ 4.786.540.

Entre las actividades de asesoría contempladas en este instrumento se encuentran:

- Regularización de propiedad minera.
- Asesoría geológica y/o topográfica.
- Muestreos y análisis químicos.
- Estudios de métodos de explotación.

## **a.2) Desarrollo de capacidades competitivas**

Se ejecutan programas para el desarrollo de las capacidades competitivas en los ámbitos de gestión empresarial y tecnológica. Esto aplicando los siguientes instrumentos específicos:

- Capacidad empresarial incluyendo la participación en servicios compartidos.
- Transferencia tecnológica y asistencia técnica.
- Capacidad en calidad industrial, incorporando los ámbitos de producción limpia y seguridad laboral.
- Acceso a propiedad minera y estudios técnicos de la empresa nacional de minería.

### **a.2.1) Capacitación**

En el año se ejecutaron 36 cursos que favorecieron a 630 mineros, estos cursos se enfocaron en aspectos productivos de gestión y seguridad.

También se desarrolló un manual de procedimientos mineros, para enfocar un aporte en la educación y capacitación operacional de los yacimientos mineros. Los dos programas tuvieron un costo de US\$ 450.612.

## **a.3) Créditos Mineros**

Se otorgan créditos para los siguientes usos:

- Créditos para posibilitar el mejoramiento de la productividad a través de la incorporación de técnicas o mejoras en los procesos productivos,

administrativos o de gestión en las faenas mineras de pequeña escala. Esto incluye también financiamiento de capital de trabajo y créditos para la adquisición de insumos y equipos.

- Créditos para permitir la entrada de operación de proyectos mineros, que luego de la evaluación correspondiente, sean considerados viables a precios de mercado. Estos créditos permiten preparar y desarrollar las faenas respectivas hasta dejarlas en condiciones de explotación.

Durante el 2010 se colocaron 104 solicitudes de créditos por un total de US\$ 2.567.058, con un cumplimiento del 112% del presupuesto estimado.

#### **a.4) Accesos a Mercados**

Para garantizar el acceso de la producción del sector a los mercados internacionales, en condiciones comerciales similares a las que obtienen los grandes productores que operan en Chile, ENAMI administra poderes de compra de minerales, el objetivo es simular mercados eficientes a través de los precios asignados a los volúmenes de compra.

#### **a.5) Mecanismos de sustentación para atenuar los ciclos de los precios bajos**

El carácter cíclico del precio de los metales, exige poner en práctica para los pequeños productores mineros, mecanismos de estabilización que le permitan mantenerse activos productivamente, asegurándoles un precio mínimo que les permita asegurar en los posible planes de inversión, etc.

En este caso se aplica un mecanismo que atenúa las fluctuaciones de mercado y que es factible de autofinanciarse con la recuperación y capitalización en tiempos de buen precio. Este consiste en un fondo de sustentación del precio del cobre, que opera como crédito sectorial y se aplica cuando el precio del mercado es inferior 85Cus\$/LB, la diferencia entre el precio de mercado y este valor se financia con este crédito hasta un máximo de 10Cus\$ /lb.

Cuadro 7: Inversión en los instrumentos de Fomento Año 2010.

TOTAL ACUMULADO AL 2010		
INSTRUMENTOS DE FOMENTO	PRESUPUESTO US\$	INVERSION US\$
Reconocimiento de recursos y/o reservas	2.500.000	2.441.272
Desarrollo de capacidades competitivas	500.000	450.612
Servicios de asistencia técnicas	5.016.106	4.786.540
Estudios Geológicos Distritales	1.000.000	725.459
Apoyo Constitución de Propiedad Minera	250.000	-
Asistencia Crediticia	2.298.000	2.567.058
	11.564.106	10.970.941

Fuente: Memoria de ENAMI 2010, página 13.

En el cuadro número 7, se muestran los diferentes instrumentos de fomento que ENAMI desarrolla en la pequeña minería, donde se puede evidenciar que casi la mitad de los recursos son ocupados en el instrumento de “Servicios de asistencia técnica”. Además podemos detectar que ENAMI anualmente ocupa más de US\$ 8.000.000 que son los otorgados por presupuesto, es decir que el diferencial es aportado directamente con recursos propios de ENAMI, donde aportó con US\$ 2.970.941 el año 2010, para poder alcanzar la cifra de los US\$ 10.970.941.

Cuadro 8: Monto de inversión en líneas de crédito para pequeña minería.

LINEAS DE CREDITO	Operaciones anuales US\$	Monto de crédito anual US\$
Emergencia		
Operación	55	864.727
Inversiones	45	1.529.865
Desarrollo y preparación	4	172.466
	104	2.567.058

Fuente: Memoria ENAMI 2010, página 14.

En el cuadro 8, se detallan las diferentes líneas de crédito ocupadas en el año 2010, donde se evidencia que un gran porcentaje es ocupado en los créditos de inversiones, que se ocupan para adquirir equipos y maquinarias, que dado el foco de este trabajo serviría para adquirir las futuras innovaciones para la pequeña minería.

## b) La Política de fomento para la mediana minería.

La Política de fomento para la mediana minería consiste en asegurar la compra y la capacidad de tratamiento en condiciones comerciales de mercado internacional.

Para mantener la estabilización de precios se considera recurrir a mercados a futuros. También la posibilidad de generar créditos enfocados en capital de trabajo o en momentos en que los precios de los metales sean bajos.

#### **4. Dificultades de la pequeña minería**

La pequeña minería es un sector productivo que tiene una amplia distribución geográfica y en muchos casos se desarrolla en lugares apartados de los grandes centros urbanos y lugares muy relacionados a sectores de bajos ingresos.

Al mismo tiempo la pequeña minería representa una opción productiva natural, generada por las características geográficas y geológicas del país. La pequeña minería es una fuente de creación de empleos para lugares apartados.

A la oportunidad anteriormente destacada, la pequeña minería, tiene dificultades y problemas para poder desarrollar y mantener de manera sustentable. En el primer encuentro minero chileno–mexicano, ENAMI (2005:10) expuso las siguientes dificultades para la pequeña minería:

##### **Bajo horizonte de planificación:**

- Alto % con arrendamientos de corto plazo.
- Escaso conocimiento de reservas de mineral explotable.
- Falta de acceso a capital de riesgo.

##### **Costos elevados:**

- Falta de acceso a la tecnología adecuada para la escala de producción.
- Falta de acceso a créditos.
- Incremento de costos por mayor profundidad de extracción.
- Mayor distancia a plantas procesadoras.
- Altas regalías pagadas por los arrendatarios.



### **Alta variabilidad de ingresos por:**

- Impacto por las variaciones del tipo de cambio.
- Agotamiento del mineral de alta ley.
- Alta vulnerabilidad a ciclos negativos del precio del cobre.

### **Reducción de los espacios:**

- Territorios pedidos por grandes compañías explotadoras.
- Venta de pequeños yacimientos a empresas (aporte a la minería mayor).

A las dificultades anteriormente nombradas por ENAMI, se destacan otras dificultades encontradas en las rondas de entrevista a expertos mineros (Investigadores e innovadores y proveedores de la minería).

#### **a. Asimetría de información**

El desconocimiento del mundo minero por parte de muchos proveedores e incluso en el ámbito de la investigación. Además la desinformación desde el punto de vista de los mineros referente a los organismos, que podrían fomentar su capacidad productiva, y la desinformación respecto a qué tipo de proveedores podrían desarrollar soluciones para mejorar sus procesos productivos.

#### ***i. ¿Cuál sería la solución a los problemas planteados?***

El negocio minero es precio aceptante, por lo tanto siempre estará condicionado a que la variable precio sea exógena; no siendo posible de modificar, por tanto la variabilidad de los ingresos es una dificultad imposible de evitar.

La reducción de los espacios obedece también a que Chile es un país con una fuerte inversión minera a gran escala. Estos nuevos negocios requieren mayores espacios para exploración, por tanto la reducción de los espacios a la pequeña minería es consecuencia del desarrollo y exploración de la gran minería, presentándose como una nueva variable difícil de contrarrestar.

En la perspectiva de bajo horizonte de planificación, está el bajo conocimiento de las reservas de mineral, para lo cual es necesario desarrollar innovaciones que permitan cuantificar la mayor parte de los yacimientos, sus reales reservas y bajar la incertidumbre.

En la perspectiva de costos elevados, se destaca que faltan tecnologías adecuadas para las escalas de producción, por ejemplo en las construcciones de túneles: las reservas de mineral son de **1 metro de ancho y se ocupan equipos de 4 metros de ancho, lo cual hace desgastar horas hombre y materiales para extraer material estéril (3 metros aprox.)**, ya que en caso contrario estos equipos no pueden ingresar por los túneles y no se podría alcanzar el tonelaje adecuado.

En esta misma perspectiva, también se menciona el incremento de los costos por tener que operar a mayores profundidades. Este criterio es muy similar al anterior, ya que al desarrollar innovación y tecnologías adecuadas para operar a mayores profundidades, se podrían optimizar los costos y generar eficiencias en las operaciones.

Considerando el criterio de los expertos, respecto al desconocimiento de la pequeña minería, parece interesante desarrollar un instrumento de política pública que fomente la innovación. Esto traería como consecuencia mejorar la interacción entre la pequeña minería, el mundo de la investigación y del conocimiento (Universidades), además de la conexión con las empresas proveedoras que podrían ser los desarrolladores de las innovaciones, para mejorar así los niveles de operaciones de la pequeña minería.

## 5. Innovación

La innovación es un fenómeno a través del cual se producen productos o servicios que son valorados por la sociedad o por la industria. Para Peter Drucker el proceso de innovar es encontrar nuevos y mejorados usos a procesos, productos y la propia estructura de una organización.

En el manual de Oslo, Tanaka (2005: 24) las innovaciones se definen según los siguientes parámetros:

- Bienes y servicios: Este tipo de innovaciones se enfoca en desarrollar nuevos productos o servicios o bien desarrollar modificaciones que mejoren la calidad y permitan hacer más competitivo el producto.

- **Comercialización:** Estas innovaciones están enfocadas en generar cambios en la propuesta de comercialización de la empresa utilizando nuevas promociones, publicidades e incluso trabajar sobre el concepto del producto con el objetivo de mejorar la competitividad de estos en los mercados.
- **Proceso:** En este punto se busca desarrollar nuevos métodos que permitan mejorar los productos finales, en muchos casos se busca un enfoque de mejoramiento continuo, donde la búsqueda de la excelencia de los procesos es la base para hacer más eficiente la organización en términos de costos, y optimización de su capacidad instalada.

Una vez expuestas estas definiciones y perspectivas de innovación, corresponde exponer cuáles son los procesos para desarrollar la innovación:

#### **a. Conceptualización del proceso de Innovación Tecnológica**

La complejidad y rapidez de los cambios tecnológicos hacen que sea materialmente imposible que una empresa sea capaz de generar por sí misma todas las tecnologías que necesita, y a la vez resulta extremadamente difícil la asimilación de tecnologías genéricas sin una capacidad de investigación y desarrollo propio.

La innovación tecnológica de procesos consiste en la introducción de nuevos procesos de producción, o la modificación de los existentes mediante la incorporación de nuevas tecnologías. Su objetivo fundamental es la reducción de costos, ya que además de tener una repercusión específica en las características de los productos, constituye una respuesta de la empresa a la creciente presión competitiva de los mercados.

El proceso de innovación tecnológica se define como un conjunto de etapas que conducen al lanzamiento con éxito, en el mercado de nuevos productos manufacturados, o la utilización comercial de nuevos procesos técnicos. De acuerdo con esta definición, el proceso de innovación constituye la fuerza matriz que impulsa a las empresas hacia objetivos de largo plazo, conduciendo a nivel macroeconómico a la aparición de nuevos sectores de actividad económica. De una forma esquemática la innovación se traduce en los siguientes hechos:

- Renovación y ampliación de la gama de nuevos productos y servicios.
- Renovación y ampliación de los procesos productivos.
- Cambio en la organización y la gestión.

El proceso implica la transformación de ideas en productos o procesos técnicos nuevos o mejorados en acciones de desarrollo, fabricación o comercialización, lo que incluye la orientación de las innovaciones hacia objetivos específicos.

La innovación tecnológica es, por tanto, un proceso que abarca diversas faces orientadas a introducir en el mercado los resultados de la investigación. Cada fase tiene una duración temporal y un consumo de recursos propios, no siendo necesario su desarrollo secuencial, pues debe de existir retroalimentación desde las fases posteriores hacia las fases anteriores, originando flujos de información a lo largo del tiempo entre las diferentes actividades.

## b. Modelos de Innovación Tecnológica

Un artículo bastante revisado en la Web, denominado “Gestión de la innovación tecnológica en el mundo empresarial del siglo XXI” desarrollado por León (2007), propone varios modelos de innovación, los cuales de manera resumida serían los siguientes:

- **Primera Generación Technologypush:** Este modelo representado fue el dominante en el periodo 1950-1965. Su principal característica es la linealidad que asume un escalonamiento progresivo desde el descubrimiento científico, motor de la innovación, hasta la investigación aplicada, el desarrollo tecnológico y la fabricación. El mercado es tan sólo el lugar donde se van incorporando los frutos de I +D.

Figura 2: Modelo Technologypush

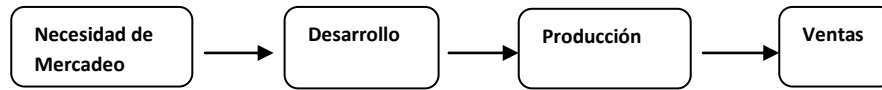


Fuente: Artículo electrónico “Gestión de la innovación, en el mundo empresarial del siglo XXI”

- **Segunda generación Market-pull:** A partir de la segunda mitad de la década de los sesenta comenzó a prestar mayor atención el papel del mercado en el proceso innovador, lo que condujo a conceptualizar la innovación tecnológica también de línea, cuya principal característica radica en considerar que las innovaciones derivan básicamente del análisis de las necesidades de los consumidores. En este

caso, el mercado es visto como la principal fuente de ideas para desencadenar los procesos de innovación. Los empresarios acudían después al stock de conocimiento científico para tratar de satisfacer las necesidades de los consumidores.

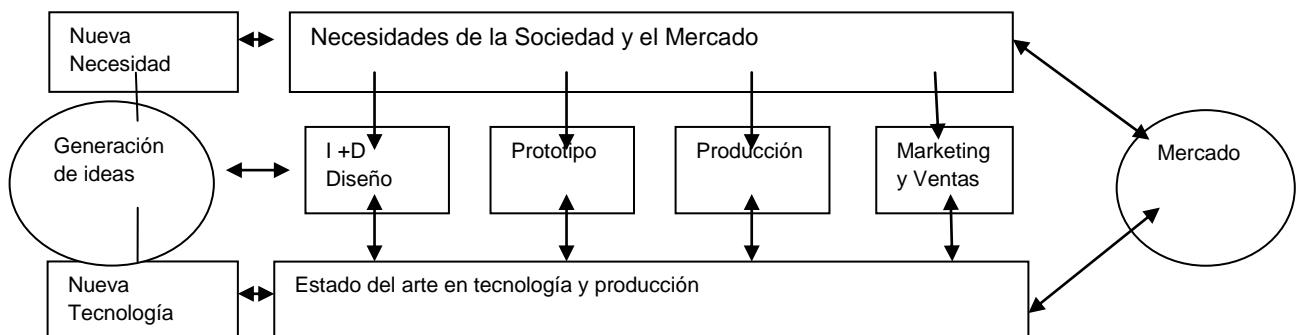
Figura 3: Modelo Market – pull



Fuente: Artículo electrónico “Gestión de la innovación, en el mundo empresarial del siglo XXI”

- **Tercera Generación modelo mixto:** Diversos estudios desarrollados por Myers y Marquie (1969) y Cooper (1979), muestran que los modelos lineales para gestionar la innovación tecnológica son en exceso simplificados, constituyendo a la vez ejemplos atípicos de lo que en realidad constituye un proceso más complejo, donde interviene la ciencia, la tecnología y el mercado. Este proceso es modelado por Rothwell y Zegveld (1985) representando una secuencia lógica no necesariamente continua, que puede ser dividida en series funcionalmente, pero con etapas interdependientes e interactivas.

Figura 4: Modelo Mixto

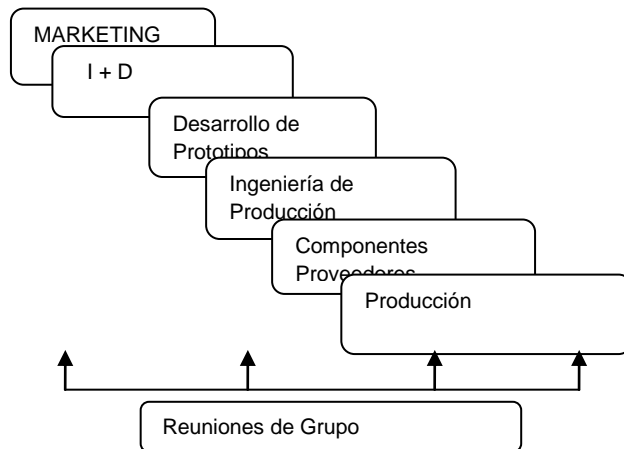


Fuente: Artículo electrónico “Gestión de la innovación, en el mundo empresarial del siglo XXI”.

- **Cuarta Generación modelo integrado:** Aunque el modelo mixto incorpora procesos retroactivos de comunicación, esencialmente es un modelo secuencial. A partir de la segunda mitad de la década de los 80 se comienza a considerar que las fases de innovación, sobre todo desde el punto de vista operativo o de gestión,

deben ser consideradas mediante procesos no secuenciales, es decir en procesos simultáneos o concurrentes como consecuencia de la necesidad de acortar el tiempo de desarrollo del producto para introducirlo más rápidamente que los competidores en el mercado

**Figura 5: Modelo Integrado**



Fuente: Artículo electrónico “Gestión de la innovación, en el mundo empresarial del siglo XXI”

Este modelo desarrollado en sus comienzos por el sector automovilístico japonés, persigue una mayor integración de las fases del proceso de innovación, lo que implica un elevado nivel de coordinación y control a lo largo del proceso.

- **Quinta generación modelo en red:** En la actualidad se tiene la evidencia que la innovación tecnológica es algo más que un proceso secuencial o integrado; es un “proceso en Red” como lo demuestra el número de alianzas estratégicas de carácter horizontal basadas en colaboración interempresarial para el desarrollo de la innovación (Haklisch y Fusfeld, 1987; Hagedoorn, 1990; Dodgson, 1994). Así, las relaciones de carácter vertical con los proveedores, han llegado a alcanzar un carácter estratégico haciendo que las pequeñas y medianas empresas, establezcan una amplia variedad de relaciones con las grandes empresas en los procesos de innovación (Rothwell, 1994). La red se va ampliando tratando de involucrar a los clientes especializados en los procesos de innovación.

### c. La Innovación Abierta

Los sistemas de innovación deben tener la capacidad de poder entender los constantes cambios del entorno, que experimentan las empresas. Entendiendo estos cambios como sociales, tecnológicos y de crecimiento del conocimiento.

Los modelos de innovación tradicional tienen la idea de querer mantener todo bajo control, quizás como una forma de resguardar la propiedad intelectual, bajo un modelo clásico de competitividad.

En los sistemas de innovación tradicionales, el objetivo es tener a los mejores expertos trabajando en la organización. Estos procesos tradicionales tienen una forma de embudo, donde en un extremo se introducen ideas y tecnologías existentes en la organización, y por el otro lado sale el resultado de esta innovación, que en muchos casos esta representado por un nuevo producto o servicio. Es un sistema lineal donde se seleccionan las mejores ideas y tecnologías existentes en la organización.

En un proceso de innovación abierta, el objetivo es buscar las ideas más exitosas, incorporar el conocimiento necesario para desarrollar productos o servicios exitosos. En este caso identificar los conocimientos y recursos necesarios para poder generar innovaciones futuras, no es un proceso simple. Requiere tener conocimiento del sector a través de fuentes primarias (expertos, investigaciones de campo, proveedores, clientes, etc.) fuentes y secundarias (estudios, estadísticas, prospectivas, etc.).

La actividad de identificar el conocimiento necesario, debe realizarse de manera sistemática, ya que es necesario disponer de un observatorio que desempeñe actividades de vigilancia sobre posibles innovaciones desarrolladas en el medio, tratándose de un proceso de inteligencia competitiva.

En los procesos de innovación abierta es clave la tarea de mezclar e incorporar el conocimiento y capacidades externas, con el conocimiento existente internamente dentro de la organización.

Uno de los primeros investigadores en mencionar el término de innovación abierta fue Henry Chesbrough, director ejecutivo del Centro de innovación abierta de la Universidad de Berkeley –California. Según la visión de este experto existe un mercado global de innovación, donde la innovación es un commodity que puede ser comprada, vendida, licenciada, prestada y reinvertida.

Figura 6: Modelo de Innovación Abierta <sup>14</sup>



Fuente: <http://sociedadinformacion.fundacion.telefonica.com>

En la figura 6 se puede ver que las ideas, innovaciones y tecnologías no sólo provienen del interior de la organización, sino que provienen del exterior. En un modelo de innovación abierta hay múltiples salidas. Las organizaciones con mejores prácticas en innovación, producen cerca de la mitad de sus innovaciones e ideas generadas fuera de sus compañías. Las organizaciones que adoptan innovación abierta, pueden obtener las ideas de diferentes fuentes, entendiendo que cada una de sus contribuciones ofrece una diferente y valiosa perspectiva.

<sup>14</sup> Álvarez, Alonso. (2010). *La innovación abierta: ideas de Chesbrough y Von Hippel*. <http://sociedadinformacion.fundacion.telefonica.com>

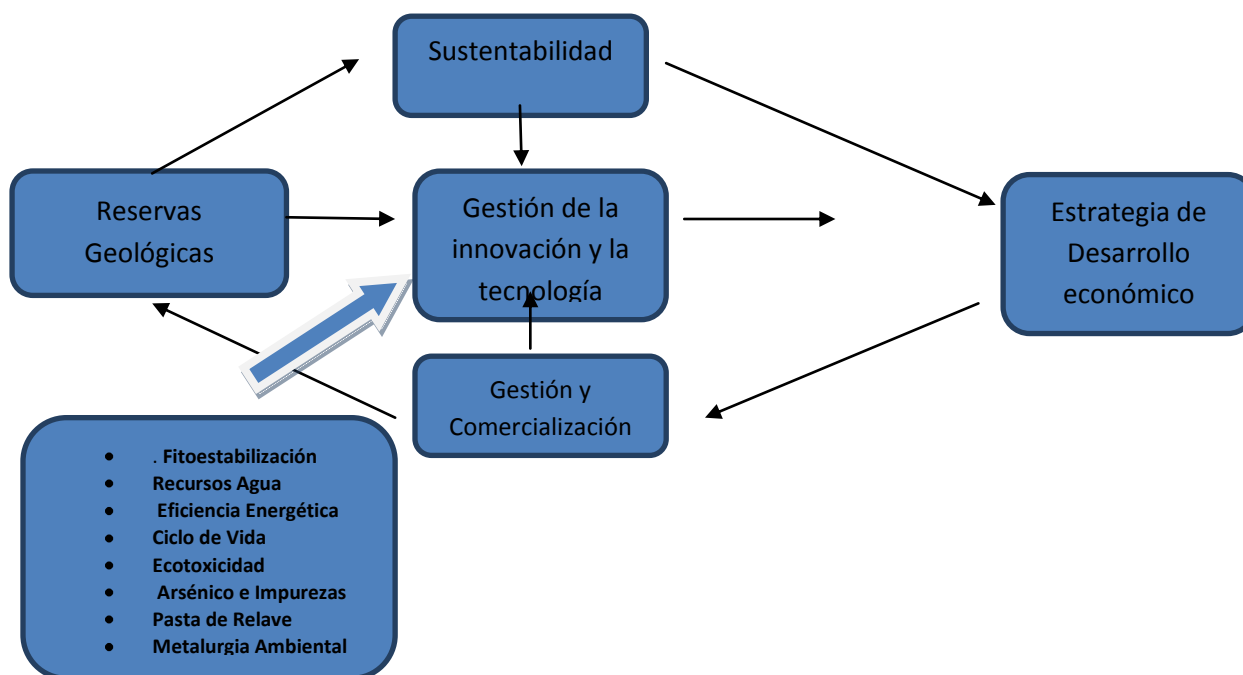


## d. Modelos de innovación desarrollados en la minería nacional

### i. Modelo CIMM<sup>15</sup>

Con el objetivo de potenciar el desarrollo de la mediana y pequeña minería nacional, el CIMM (Centro de investigación minero y metalúrgico) ha desarrollado un modelo estratégico que busca consolidar el desarrollo de estos segmentos a largo plazo dentro de la economía de Chile. Este modelo considera las siguientes áreas:

Figura 7: MODELO CIMM



Fuente: Texto medición de la cultura de innovación en la minería de mediana escala.

También considera que las reservas geológicas reales son una posibilidad para alcanzar un mejor nivel de desarrollo sustentable, entendiéndose que estas nuevas reservas se desarrollaran como proyectos, y que éstos serán capaces de interactuar en equilibrio con el medio ambiente y las comunidades cercanas.

Este modelo contempla como eje principal el desarrollo de la innovación y la tecnología, el cual es fundamental para consolidar en un desarrollo económico, los

<sup>15</sup> Documento "Medición de la cultura de innovación en la minería de mediana escala" autores; Sara Arancibia Carvajal, Macarena Donoso Pérez y Ricardo Venegas Cabello, CIMM y facultad de Ingeniería Universidad Diego Portales.

tres ejes restantes: sustentabilidad, reservas geológicas y comercialización - gestión, son elementos propulsores de la innovación y tecnología de la minería. Se busca desarrollar una cultura de innovación, donde las empresas, centros de investigación minera, profesionales, fondos de innovación, sean un mecanismo real de desarrollo económico basado en la explotación sustentable de los yacimientos mineros.

El modelo fue completado por el CIMM y el instituto de ciencias básicas y matemáticas de la UDP, para incorporar la metodología multicriterio (AHP) de Thomas Saaty.

Al exponer estas diferentes visiones dentro del marco teórico, se destaca la necesidad de generar innovación en la pequeña minería, para desarrollar un nivel de competitividad que le permita resistir las fluctuaciones de los precios de los metales.

Esta necesidad de innovación de la pequeña minería contrasta con la debilidad técnica y operacional que estas pequeñas empresas tienen, para que puedan desarrollar ellos mismo sus innovaciones. Lo anterior hace necesario comenzar a explorar modelos que puedan generar innovación y que pudiesen anclarse a la pequeña minería. Tomando en consideración esto último, se destaca el modelo de innovación abierta por integrar diferentes actores que participan en la cocreación de innovaciones para diferentes segmentos económicos, y también está la perspectiva estratégica del CIMM, que busca desarrollar una cultura de innovación donde se integren centros de investigaciones y otros actores, enfocados en generar innovación, en este caso para la pequeña minería.

#### **IV. PRIMER OBJETIVO ESPECÍFICO: DIAGNOSTICAR LAS ÁREAS DE NECESIDADES DE INNOVACIÓN PARA LA PEQUEÑA MINERÍA.**

Para desarrollar el diagnóstico sobre el nivel de innovación que requiere la pequeña minería, se consideró ocupar información bibliográfica desarrollada en tres estudios anteriores en los que se caracterizó a estos segmentos, y al mismo tiempo se infirió la necesidad de innovación. Lo anterior da una base que será luego contrastada con la técnica Delphi aplicada a un grupo de expertos en minería, de manera de focalizar de mejor manera las áreas donde es necesario innovar en minería.

También en esta parte del diagnóstico, se consideró una encuesta semiestructurada a un grupo de productores de una región bastante trascendental, dentro de la minería como lo es la Región de Atacama, que tiene la mayoría de los yacimientos de pequeña y mediana minería de Chile.

El diagnóstico sobre las áreas a innovar se obtuvo de los consensos encontrados entre los estudios anteriores, el Delphi aplicado a los expertos y la encuesta semiestructurada a los productores mineros.

A continuación se caracterizan los resultados que entregan estos estudios de las necesidades de innovación y tecnología para la pequeña y mediana minería:

##### **1. Desarrollo de tecnología para la pequeña y mediana minería (Estudio realizado por CIMM Y USACH).**

El CIMM en conjunto con la USACH, desarrolló un estudio conjunto para identificar las brechas de innovación presentes en la pequeña y mediana minería, desde un punto de vista de tecnología, Fontecilla y Muñoz (2005: 45-50) detectaron las siguientes necesidades para la pequeña minería:

##### **La Pequeña Minería**

La pequeña minería es una fuente de producción que debe de ser maximizada en su “Eficiencia y Rendimiento”, con el fin de reducir los costos de producción. Este análisis incorporó las perspectivas de tecnología, gestión y comercialización.

#### a. Problemas tecnológicos:

**a) Criterios de optimización:** Al no haber desarrollo de nuevas tecnologías y procedimientos, tiende a dificultarse la optimización. Las innovaciones se concentran en la gran minería, generando que la pequeña minería se encuentren desposeídas de todo tipo de innovación para la mejora de su productividad.

**b) Escasa o nula mecanización:** Debido a que las dimensiones de las vetas y potencias de mineral, se hace difícil la eficiencia del trabajo con los equipos mineros en forma estandarizada y mecanizada, gran porcentaje del trabajo es manual y pesado.

**c) Insuficiente consideración de peligros ambientales:** La gran demanda de mercurio en la amalgación en la minería aurífera que abarata el costo del proceso de obtención del oro, provoca contaminación en los causes debido a los reactivos usados en la flotación, problemas con el cianuro en la lixiviación, entre otros generan focos de contaminación medioambiental.

**d) Problemas energéticos:** Debido a condiciones geográficas y costos implicados, se hace necesaria tener una fuente de energía apta para una mayor eficiencia en los trabajos productivos.

**e) Trabajan con maquinarias y equipos viejos:** Se adquieren equipos viejos reacondicionados adquiridos a grandes operaciones. El costo de los equipos nuevos es alto, debido a que en su mayoría corresponden a importaciones.

#### b. Problemas de gestión

**a) Bajo nivel de conocimiento técnico del personal:** Se utiliza personal con baja nivel educacional, esto genera una deficiente planificación técnica de la explotación y del procesamiento de minerales, condicionando una visión de negocio al corto plazo.

**b) Bajo nivel salarial y malas condiciones salariales:** Esto conlleva a la ausencia de personal capacitado para asumir labores mineras, debido a las condiciones de trabajo y al bajo nivel salarial.

**c) Escaso valor agregado del mineral:** La pequeña minería vende los minerales extraídos a ENAMI, sin ningún proceso posterior, esto implica un bajo valor agregado de los productos que vende en el sector.

**d) Estructura Organizacional Vertical:** Demasiada centralización en la estructura organizacional, altas brechas culturales y educacionales.

**e) No existe asociatividad:** Debido a la formación cultural no existen agrupaciones entre entes mineros de pequeña escala, que permitan núcleos productivos, que permitan aprovechar economías de escala, rebajar costos, etc.

**f) Herencia de Metodología de trabajo:** Las metodologías son técnicas heredadas por generación, quedando algunas totalmente obsoletas.

**g) Defectuosos procedimientos de mantención:** La mantención que se realiza a las maquinarias es del tipo correctivo y no preventivo, lo que significa que las máquinas se detienen cuando sufren algún desperfecto. Esto implica tener una gran pérdida de tiempo en mantención.

**h) Desconocimiento de los métodos de análisis de costos:** Falta de conocimientos sólidos de finanzas y costos, aspectos económicos que le permitan tomar mejores decisiones respecto del nivel de inversión, aumentar la capitalización, reducir costos, etc.

### **c. Problemas de la comercialización**

**Problemas de las leyes del mineral:** Conocimiento deficiente de las leyes de sus minerales, además la mineralización no es homogénea, variando en pequeñas distancias. El equipo minero no tiene un método científico para determinar la ley del material que extrae, usando sólo inspección visual para estimar, lo cual genera grandes diferencias con la ley que determina el comprador.

**b) Comercialización intermitente:** Trabajo de minería sólo por estaciones del año, o sólo cuando los precios de los metales tienen un valor tal que les permita cubrir los costos. Esto implica que frente a precios, por debajo del precio de sustentación de ENAMI no explotarán sus faenas.

**c) Elevados Costos de Producción:** Ausencia de tecnologías idóneas, además de problemas de estructura organizacional entre otros, elevan de forma considerable.

Algunos casos no rentables, los costos de producción implicados en la extracción del mineral.

#### **d. Las fortalezas de las pequeñas minería**

La pequeña minería permite explorar nuevos yacimientos, y también explotar recursos que son marginales y que no podrían ser explotados por la gran minería.

Desde un punto de vista productivo, es dinamizador de economías locales, permitiendo el encadenamiento productivo, además son negocios de retorno rápido.

Desde un punto de vista social, utiliza intensivamente la mano de obra y es una alternativa laboral para sectores afectados por la pobreza.

## **2. Estudio medición de la cultura de innovación en la minería de mediana escala Chile<sup>16</sup>.**

Las organizaciones deben tener estructuras susceptibles de generar y mantener corrientes de innovación. Lo que implica la necesidad de entender las estructuras culturales y las formas de interacción con el entorno y al interior de las organizaciones.

La publicación desarrollada por el CIMM y la Facultad de Ingeniería de la Universidad Diego Portales desarrollada por Arancibia, Donoso y Venegas ( 2007: 21 -28 ), elaboró y aplicó un instrumento que permitió cuantificar el nivel de cultura de innovación que poseen las empresas de mediana minería, a continuación se presenta un síntesis de aquella investigación:

En el instrumento se establecieron 5 criterios los cuales se obtiene la siguiente definición:

- **Estilo Corporativo:** Guarda relación con los comportamientos, normas, valores aceptados, actitudes de los trabajadores y el clima laboral dentro de una empresa.
- **Creatividad Empresarial:** Guarda relación con el incentivo a la creatividad. Entendiendo la creatividad como la capacidad de pensar mucho más allá de las

---

<sup>16</sup> Texto : Medición de la Cultura de Innovación en la Minería de Mediana Escala Chile : [www.innovamineria/archivos/medicion\\_de\\_la\\_cultura\\_de\\_innovacion.ppt](http://www.innovamineria/archivos/medicion_de_la_cultura_de_innovacion.ppt)

mismas ideas admitidas, con el objetivo de producir conexiones nuevas de experiencias previas.

- **Dirección y Gestión por Competencia:** Orienta a la identificación de capacidades que se ajustan de mejor forma a las necesidades de la cultura de innovación.
- **Aprendizaje Organizativo:** Es la transformación de los conocimientos colectivos, en función del cambio de valores y sistemas de conocimientos.
- **Vigilancia e Inteligencia Tecnológica:** Es el sistema de alerta que posee la empresa para detección precoz de los agentes que permitan desarrollar innovaciones

El modelo fue aplicado por el CIMM y el instituto de ciencias básicas y matemáticas de la UDP, para incorporar la metodología multicriterio (AHP) de Thomas Saaty.

Cuadro 9: Sintaxis de Resultados para cada Región

	<b>Prioridad</b>	<b>Promedio región de Coquimbo</b>	<b>Porcentaje de logro región de Coquimbo</b>	<b>Promedio región de Valparaíso</b>	<b>Porcentaje de logro región de Valparaíso</b>
<b>Estilo Corporativo</b>	0,18	0,13	72%	0,09	49%
<b>Creatividad Empresarial</b>	0,24	0,17	70%	0,11	46%
<b>Dirección y gestión por competencia</b>	0,24	0,21	88%	0,11	47%
<b>Aprendizaje Organizativo</b>	0,18	0,1	54%	0,08	44%
<b>Vigilancia e inteligencia tecnológica</b>	0,15	0,11	75%	0,08	47%

Fuente: Tabla Nro. 1 Sintaxis de Resultados para cada Región, fuente: CIMM Y UDP.

### a. Conclusiones preliminares de la investigación

Este instrumento fue aplicado a nueve compañías mineras de las regiones de Coquimbo y Valparaíso. Los mejores rendimientos en términos generales fueron encontrados en la Región de Coquimbo.

El criterio más débil es el aprendizaje organizativo, en este caso representa la carencia de generar asociaciones con universidades, centros de investigación, como también no contar con departamentos de investigación y desarrollo.

La principal fortaleza se presenta en que estas organizaciones están lideradas por ejecutivos de perfiles emprendedores que manejan las variables propias del negocio.

Según la opinión de los especialistas participantes, el mayor potencial de desarrollo innovador se focaliza en el área de los procesos, la metodología de gestión y la apertura hacia nuevos negocios.

A partir de la aplicación de este primer instrumento se logró detectar criterios relevantes que no habían sido considerados inicialmente. Tomando esto como base, se desarrolló un nuevo modelo el cual nuevamente vuelve a tomar la opinión de estos expertos en mediana minería. Este último modelo integra sólo cuatro criterios estratégicos, los cuales fueron medidos en la región de Valparaíso con los siguientes resultados:

Cuadro 10: Resumen de Prioridades

	<b>Prioridad</b>	<b>Promedio región de Valparaíso</b>	<b>Porcentaje de logro región de Valparaíso</b>
<b>Estilo Corporativo</b>	0,57	0,417	73%
<b>Capital Humano</b>	0,24	0,171	71%
<b>Gestión de aprendizaje</b>	0,12	0,051	42%
<b>Vigilancia tecnológica</b>	0,07	0,036	51%

Fuente: Tabla Nro. 2 Resumen de las prioridades, puntajes totales, y porcentajes de logros en la región de Valparaíso fuente: CIMM Y UDP



## b. Conclusiones finales de la investigación

La gestión del aprendizaje presenta el resultado más bajo en la segunda evaluación. En este caso no se evidencia interés en participar en seminarios o cursos capacitación, como instancias para llegar a futuras innovaciones.

**Además se evidencia una carencia de alianzas con centros de investigación, universidades y otros centros de desarrollo, que les permita incrementar su conocimiento respecto a transferencia tecnológica, mejorar procesos, etc.**

En relación a la transferencia de conocimiento, no existe un consenso entre las mineras entrevistadas, pero la mayoría manifestó su interés en mecanismos formales de transferencia.

Las mineras entrevistadas declararon la importancia del liderazgo como elementos fundamentales en los procesos de innovación.

En términos generales esta investigación concluye lo siguiente: **“Con respecto a las políticas de gestión, se aprecia una gran oportunidad de mejora en cuanto adquirir o implementar una metodología que estimule la innovación y que permita dar paso a un reconocimiento por parte de la empresa, debido a que se observa poca preocupación en relación a un tema que podría generar una fuente inagotable de ideas y de mejoras de carácter innovador”.**

## 3. Diagnóstico actual y futuro de la pequeña minería en la provincia de Tocopilla<sup>17</sup>

En 1997 en la Universidad de Antofagasta se desarrolló una tesis conducente al Título de Ingeniero en Minas por dos alumnos, enfocada en diagnosticar la pequeña minería del cobre en Tocopilla. Este estudio fue realizado para describir a 10 productores de la comuna de Tocopilla, que en su mayoría trabajaban yacimientos de óxidos de cobre de diferentes tonelajes, lo cual nos permite inferir una visión general respecto de los costos, productividades y potencialidades de los diferentes segmentos de la pequeña minería.

---

<sup>17</sup> Tesis “ Diagnóstico Actual y Futuro de la Pequeña Minería en la Provincia de Tocopilla” autores: Vicente Bongiorno Barrios, Fernando Gazona Durant, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería en Minas, Universidad de Antofagasta.

A continuación se expone un cuadro; un resumen de Bongiorno y Gazona (1997, p 61) de esta investigación:

**Cuadro 11: Cuadro resumen investigación**

PARAMETROS	RANGOS DE PRODUCCION (TON /MES)				
	0-200	200 -500	500 -1000	> 1000	TOTAL
Nro. De Minas por rango	4	2	2	2	10
% de minas por rango	40%	20%	20%	20%	100%
Nro. De arrendatarios	3	2	1	2	8
Nro. De arriendos a menores a 1 año	2	2	1	2	7
Nro. De productores que planifican en cierto modo la explotación	0	0	2	2	4
Nro. De productores que posee cierto grado de mecanización	0	0	2	2	4
Nro. De productores que tienen algún tipo de conocimiento sobre sus reservas	0	0	1	1	2
Nro. De productores que reciben ayuda de algún organismo de fomento	2	0	1	0	3
Producción Promedio Mensual (Ton)	43	255	600	1700	
Nro. De trabajadores promedio	4,8	6	8	8	
Productividad	0,05	0,21	0,38	1,06	

Fuente: Tesis “Diagnostico Actual y Futuro de la Pequeña Minería en la Provincia de Tocopilla”, pág. 61.

$$\text{Productividad} = P / (H * D * M)$$

Dónde:

P = Producción Promedio Mensual (Ton /mes)

H = Promedio de trabajadores

D = Horas trabajadas por día (8 horas).

M = Días trabajados al mes (25 días)

En el caso de la productividad, es claro que a mayor tonelaje de la operación mayor productividad. Lo anterior también se podría relacionar con que las operaciones que tienen mayor productividad también son las que cuentan con mayor grado de mecanización, la cual les permite extraer mayor cantidad de mineral.

También las operaciones que tienen mayor nivel de producción son las que tienen cierto grado de planificación en su explotación, y al mismo tiempo manejan información respecto de sus reservas de mineral.

Por tanto a mayor reserva, mayor planificación y la capacidad de tener mecanización en la extracción permite tener mayor productividad.

#### 4. Parámetros de la encuesta Delphi<sup>18</sup>

La metodología Delphi es utilizada para consensuar los focos de innovación de la pequeña minería, para lo anterior se encuestó de manera personal a 10 expertos del mundo minero con el objetivo de obtener un alcance preliminar de las áreas donde se debe innovar.

Según Duran (1987, p 5) quien expone el método Delphi, el cual tiene como característica “Pretende Extraer y maximizar las ventajas que presentan los métodos basados en grupos de expertos y minimizar sus inconvenientes. Para ello se aprovecha la sinergia del debate en el grupo y se eliminan las interacciones sociales indeseables que existen dentro de todo grupo. De esta forma se espera obtener un consenso lo más fiable posible del grupo de expertos “. Teniendo como base esta definición y el aporte metodológico del autor se exponen los siguientes pasos para ejecutar la metodología:

##### a. El Delphi se desarrolló a través de los siguientes pasos

Formulación del Problema: En este punto se contextualizó a la pequeña minería, se desarrollaron reuniones preliminares con expertos con el sentido de establecer las dificultades presentes en la pequeña minería, para alcanzar mejoras en sus rendimientos. También se revisó material bibliográfico de diferentes instituciones, centros de investigación, con el propósito de reforzar estas primeras aproximaciones expertas.

La formulación del problema arrojó un bajo nivel de innovación en la pequeña minería, desde un punto de vista tecnológico, de proceso y cultural.

**Establecimiento de los objetivos de estudio:** Una vez realizadas estas reuniones expertas y cruzadas con información secundaria, se determinó el objetivo del estudio, **que consistió en detectar las áreas donde era necesario innovar en pequeña minería.**

---

<sup>18</sup> La metodología Delphi desarrollada en esta investigación, tiene un armado metodológico muy similar al desarrollado por el Método Delphi( apunte 1886), Material extraído de Internet por el profesor Sr. Demóstenes Durán para su Cátedra de Métodos y Técnicas de la Investigación Social, material ubicado en la escuela de administración pública de la Universidad de Chile.

**Formulación del primer cuestionario:** El primer cuestionario se desarrolló tomando en consideración las opiniones preliminares de los expertos y la revisión de material bibliográfico. Este cuestionario fue semi - abierto porque consideró preguntas con niveles de respuesta predeterminados, pero a su vez se dio la opción a los encuestados de poder incluir alguna pregunta o a su vez incluir algún tema que estime interesante (ANEXO 1).

**Selección de los entrevistados:** Se agrupó a una cierta cantidad de expertos asociados a la minería, para lo cual se ha estimado una cantidad de 10 expertos de instituciones como: ENAMI, Universidad de Chile, CIMM, CODELCO, Universidad de Atacama, Pontificia Universidad Católica, Compañía Minera Cerro Dominador.

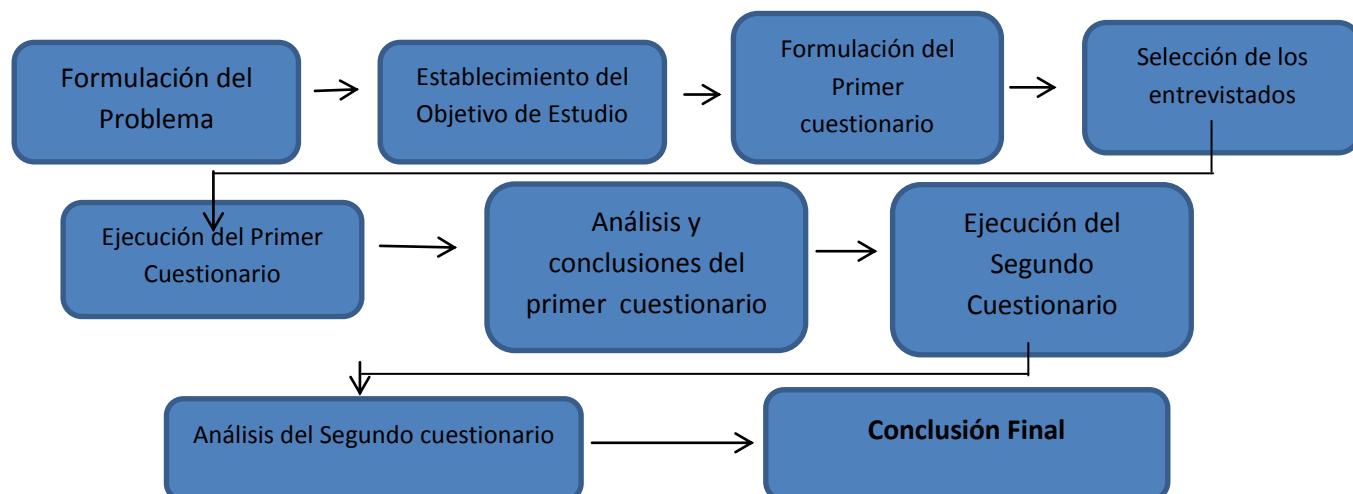
**Análisis de las respuestas del primer cuestionario:** Una vez realizado el cuestionario, se realizó el procesamiento de las respuestas en términos estadísticos, en este caso sólo existen 4 niveles posibles de respuesta se utilizó la frecuencia acumulada para detectar los consensos.

**Formulación del segundo cuestionario:** El segundo cuestionario está directamente relacionado con el primero, en este caso se profundizó mayormente donde se generaron consensos, pero también se incorporó temas que no tuvieron consenso pero que son de gran importancia dentro del análisis. También se les entregó una retroalimentación a los expertos sobre sus opiniones y también se les dio la posibilidad de profundizar sus análisis.

**Análisis de las respuestas del segundo cuestionario:** En este caso se tuvieron las respuestas que deberían de estar más focalizadas por lo tanto, se analizaron las respuestas de mayor frecuencia, todo lo anterior para empezar a cimentar la argumentación del diagnóstico de las áreas de innovación.

**Informe de Final:** En este caso el informe, involucró los resultados finales y de mayor conclusión respecto de las áreas necesarias para innovar en la pequeña minería, tomando en consideración diferentes entrevistas a expertos que fueron dando forma al diagnóstico de innovación.

Figura 8: Diagrama de la metodología Delphi



Fuente: creación propia

## b. Ejecución y resultados del Delphi

En relación a la encuesta esta fue dividida en dos, la primera enfocada en el rango de productores comprendido desde 100 hasta 300 toneladas de mineral mensual y la segunda de 300 hasta 2000 toneladas mensuales.

En la encuesta se evaluaron las siguientes categorías, las cuales habían sido identificadas anteriormente como áreas donde era necesario innovar en pequeña minería: “Desarrollo”, “extracción”, “procesamiento”, “cultura organizacional”, “Exploración y reservas geológicas” y “Sustentabilidad”.

Cada una de estas categorías o áreas tiene subcategorías técnicas, llamados focos de innovación. Estos focos fueron evaluados en una escala que tenía 4 valores:

7: Necesidad de Alta innovación: La necesidad de Generar grandes cambios impulsados por quiebres de innovación.

5: Necesidad de Media innovación: La generación innovación de orden incremental, pero constante.

3: Necesidad de Baja innovación: Es la innovación esporádica de menor impacto.

1: Necesidad de Muy baja innovación: Representa la no necesidad de innovación, derivado de diferentes causas.

## c. Primera Ronda de Encuesta Delphi

### i. Encuesta Productores de Rango 100-300 Ton/ Mensuales.

Estos productores pertenecen al grupo más pequeño seleccionado para la investigación, sus resultados fueron los siguientes:

Cuadro 12: Resultados de la Delphi

Áreas de Innovación	Focos de Innovación	Alta = 7	Media =5	Baja =3	Muy Baja =1
Desarrollo	* Tecnologías de Construcción	40%	30%	20%	10%
	* Ingeniería de minería subterránea	40%	40%	10%	10%
Extracción	* Automatización	30%	10%	40%	20%
	* Mejoramiento continuo /Ing. corto plazo e Ingeniería de largo plazo	20%	60%	10%	10%
	* Mantenimiento de equipos	40%	50%	10%	0%
Procesamiento	* Automatización de procesos	20%	30%	10%	40%
	* Lixiviación de concentrados	10%	20%	20%	50%
	* Biolixiviación	10%	20%	10%	60%
Cultura Organizacional	* Desarrollo de nuevas prácticas	70%	30%	0%	0%
	* asociatividad	60%	40%	0%	0%
Exploración y Reservas Geológicas	* Tecnologías de caracterización de yacimientos	30%	20%	30%	20%
Sustentabilidad	* Eficiencia Energética	40%	10%	10%	40%
	* Uso Energía Renovables no convencionales	30%	20%	10%	40%
	* Eficiencia Hídrica	50%	10%	10%	30%

Fuente: Creación Propia.

## Conclusiones Preliminares de la encuesta

### a) Perspectiva Desarrollo

- El 70% de los encuestados encuentra que la tecnología de construcción debe de innovarse a nivel medio o a nivel alto.
- El 70% de los encuestados encuentra que la ingeniería en minería subterránea debe de innovarse a un nivel medio o alto.

Los resultados conseguidos en esta perspectiva se complementan con la opinión de los expertos, los cuales opinaron que se requiere la innovación de nuevas formas de generación e incorporación de tecnologías e ingeniería en minería subterránea a la pequeña minería, ya que hasta el momento se han utilizado los mismo sistemas de

túneles no mostrando cambios en el tiempo, lo cual es una desventaja desde un punto de vista productivo, considerando que los yacimientos cada vez han ido perdiendo su nivel de ley, lo cual hacer buscar yacimientos a mayores profundidades.

#### **b) Perspectiva Extracción.**

- El foco automatización fue muy disperso por lo mismo sus resultados no fueron concluyentes.
- En la perspectiva de mejoramiento continuo un 80% estimo que se debía de innovar a nivel medio o alto.
- En el foco mantención de equipos un 90% estimo que se debía de innovar a un nivel medio o alto.

Los expertos consideraron que estos yacimientos no están preparados para la automatización, pero si para la mecanización, por lo mismo generó cierta dispersión el grado de respuesta. Pero los expertos al mismo tiempo concluyeron que era necesario incluir la ingeniería a corto y largo plazo que generará innovación para mejorar el nivel de extracción de mineral de los yacimientos. Además consideraron que la mantención de equipos se desarrolla de manera esporádica y sin muchos procedimientos, por lo mismo era necesario desarrollar innovación que mejore estas prácticas.

#### **c) Procesamiento**

Los tres focos de innovación de procesamiento tienen una alta dispersión o bien se concentran en la escala de muy baja innovación. Lo anterior radica en que a juicio de los expertos estos son operaciones mineras, que no justifican la inversión en una planta de concentración, a pesar que algunos expertos hablaron de las plantas de pre-concentración como alternativa y fueron los que valoran altamente las diferentes opciones.

#### **d) Cultura Organizacional.**

El desarrollo de los focos de nuevas prácticas y la asociatividad fue catalogado en un 100% entre un nivel medio y alto de innovación.

Los expertos afirmaron que al ser yacimientos pequeños necesitan generar ventajas de las economías de escalas por lo mismo era imperioso innovar en la asociatividad como forma de optimizar los costos de algunos insumos, también era necesario innovar en nuevas prácticas, ya que es un segmento con poco nivel educacional, donde la innovación de nuevas prácticas sería la base para una nueva cultura de desarrollo de estas pequeñas empresas.

**e) Exploración y reserva Geológica.**

- Esta perspectiva se generó un alto nivel de dispersión, entre los diferentes niveles de respuestas.

Los expertos tuvieron dispersión debido a que algunos justificaron que era necesario innovar en la formas de dimensionar en términos de reservas de mineral los yacimientos mineros, en cambio otro grupo de expertos puso en duda lo anterior debido a que los mineros tienen métodos aprendidos por generación y no estarían dispuestos a cambiar esta forma o aprender algo distinto.

**f) Sustentabilidad.**

- Esta perspectiva generó un alto nivel de dispersión, en sus tres focos de innovación: Eficiencia energética, energía renovable y energía hídrica.

La dispersión presente radica en que a juicio de algunos expertos es fundamental innovar en esta perspectiva ya sea a nivel medio o alto, dadas las demandas energéticas y las necesidades de hacer una operación sustentable con el medio ambiente, es un paradigma básico de una minería moderna. Para otro grupo de expertos el segmento de la pequeña minería solo puede enfocarse a nivel operacional, ya que aún le falta desarrollar muchos temas culturales para incorporar a la sustentabilidad como un elemento dentro de la operación minera.

***ii. Encuesta Productores de Rango 300-2000 Ton/ Mensuales.***

Estos productores tienen un nivel de producción mayor que el grupo anterior y por lo mismo han desarrollado una mejor capacidad instalada de equipos e inversión.



Cuadro 13: Resultados del Delphi

Áreas de Innovación	Focos de Innovación	Alta = 7	Media =5	Baja =3	Muy Baja =1
Desarrollo	* Tecnologías de Construcción	30%	60%	10%	
	* Ingeniería de minería subterránea	40%	50%	10%	
Extracción	* Automatización	30%	50%	10%	10%
	* Mejoramiento continuo /Ing. corto plazo e Ingeniería de largo plazo	40%	50%	0%	10%
	* Mantenimiento de equipos	50%	50%	0%	0%
Procesamiento	* Automatización de procesos	30%	60%	0%	10%
	* Lixiviación de concentrados	10%	70%	0%	20%
	* Biolixiviación	10%	60%	0%	30%
Cultura Organizacional	* Desarrollo de nuevas prácticas	50%	40%	10%	0%
	* asociatividad	40%	50%	10%	0%
Exploración y Reservas Geológicas	* Tecnologías de caracterización de yacimientos	60%	20%	20%	0%
Sustentabilidad	* Eficiencia Energética	70%	10%	10%	10%
	* Uso Energía Renovables no convencionales	40%	20%	20%	20%
	* Eficiencia Hídrica	80%	0%	10%	10%

Fuente: Creación propia.

#### d. Conclusiones Preliminares de la Encuesta:

##### a) Perspectiva Desarrollo

- El 90% de los encuestados encuentra que la tecnología de construcción debe de innovarse a nivel medio o a nivel alto.
- El 90% de los encuestados encuentra que la ingeniería en minería subterránea debe de innovarse a un nivel medio o alto.

A opinión de los expertos por el nivel de operación de los yacimientos, los cuales tienen una capacidad de mecanización mayor que el segmento anterior, requiere a su vez de nuevas formas de innovación en tecnología de construcción y de ingeniería en minería subterránea, que permita hacer una mejor producción de tonelaje mensual, apoyado con el grado de mecanización de estas operaciones, dado que el desarrollo de las operaciones ha sido con métodos rudimentarios, sin tomar en cuenta la mecanización.

### **a) Extracción.**

- El 80% de los encuestados encuentra que la automatización debe de innovarse a un nivel medio o alto.
- En la perspectiva de mejoramiento continuo un 90% estimó que se debía de innovar a nivel medio o alto.
- En el foco mantención de equipos un 100% consideró que se debía de innovar a un nivel medio o alto.

En la perspectiva de extracción los expertos consideraron que estos yacimientos ya tiene un cierto nivel de mecanización, pero que era necesario desarrollar una innovación importante que permitiera hacer más eficiente ese nivel de mecanización y en lo posible llegar a una automatización con equipos más óptimos. Además se requiere desarrollar innovaciones en ingeniería a corto y largo plazo, para hacer más eficiente la extracción del material. En el tema de mantención los expertos consideraron que es un área poco desarrollada por este segmento, lo que es una desventaja tremenda ya que la capacidad real de operación de estos yacimientos está dada por la mecanización y al ser esta poco mantenida el riesgo de tiempos muertos es alto, por lo mismo se necesita innovar fuertemente para generar mejoras en la mantención.

### **b) Procesamiento**

- El 90% de los encuestados encuentra que la automatización de procesos debe de innovarse a un nivel medio o alto.
- En la perspectiva de Lixiviación un 80% estimó que se debía de innovar a nivel medio o alto.
- En el foco biolixiviación un 70% estimó que se debía de innovar a nivel medio o alto.

Este grupo de expertos afirmo que al ser estos yacimientos de mayor tamaño que los anteriores, deberían tener la capacidad de generar mayor autonomía respecto de los poderes de compra de ENAMI y desarrollar una cierta capacidad instalada de plantas de pre-concentración como manera de optimizar el negocio, entendiendo que estas plantas pueden ser sustentadas por varios yacimientos mineros, el ejemplo más claro es el Yacimiento de Cerro Negro (Provincia de Chañaral) donde 22 productores extraen 30.000 toneladas de óxidos de cobre, pero sin ningún desarrollo de procesos de planta.

### **c) Cultura Organizacional.**

- El desarrollo de los focos de nuevas prácticas y la asociatividad fue catalogado en un 80% entre un nivel medio y alto de innovación.

Al ser estas operaciones mineras de mayor tamaño y con cierta capacidad de activos mecanizados, el grupo de expertos consideró fundamental generar grados de asociatividad, como en la operación de Cerro Negro para hacer economías de escala o ciertas sinergias que le permitieran generar valor, además consideraron que era necesario innovar en nuevas prácticas como primer paso para generar una cultura que mejore la organización de la pequeña minería.

### **d) Exploración y reserva Geológica.**

- Tecnologías de caracterización de yacimientos fue catalogado por un 80% entre nivel medio y alto.

Los expertos justificaron las respuesta debido a que estos yacimientos tiene mayor potencial geológico que los yacimientos de pirquineros, además son operaciones con mecanización, por lo mismo la única manera de generar sustentabilidad del negocio es conocer fehacientemente el nivel de reservas de mineral y no con los métodos clásicos de muestras por zanja que son una aproximación a nivel muy rudimentario para dimensionar el potencial de un yacimiento, por mismo se debe de incorporar una nueva forma de dimensionar geológicamente el potencial de estos yacimientos

### **e) Sustentabilidad.**

- El foco de Eficiencia energética fue catalogado de nivel medio o alto por un 80%.
- El foco de energía renovable fue catalogado para una innovación media o alta por un 60%.
- El foco de eficiencia Hídrica fue catalogado de nivel alto o medio de innovación por un 80%.

Los expertos en la perspectiva de sustentabilidad se enfocaron en necesidades de innovación alta debido a que son empresas con mejor capacidad técnica, lo mismo los hace más invasivos al medio ambiente por lo mismo manejar la sustentabilidad es básico, también tiene personas con más cultura organizacional que el segmento anterior y alguna de estas operaciones puede que en algunos momentos sea cercana al segmento de menor tamaño de la mediana minería. Por todo lo anterior son organizaciones que tiene mayor grado de entendimiento de sustentabilidad y eso las hace más capaces al momento de incorporar estos nuevos conocimientos de la minería moderna.

## e. Segunda Ronda de Delphi

Una vez desarrollada la primera ronda de Delphi, correspondió ejecutar la segunda ronda de encuestas, para lo cual se utilizó la misma encuesta inicial con sus parámetros.

En esta segunda parte se mostraron los resultados concluidos en la etapa anterior a los expertos, lo anterior les dio una visión más clara respecto de la tendencia de las diferentes respuestas y ver también las áreas donde había cierto grado de dispersión de las respuesta y donde no estaba clara una tendencia.

### i. Encuesta Productores de Rango 100-300 Ton/ Mensuales.

La segunda encuesta enfocada en los productores más pequeños genero los siguientes resultados:

Cuadro 14: Resultado segunda ronda Delphi.

Áreas de Innovación	Focos de Innovación	NIVELES			
		Alta = 7	Media =5	Baja =3	Muy Baja =1
Desarrollo	* Tecnologías de Construcción	3	7	0	0
	* Ingeniería de minería subterránea	5	5	0	0
Extracción	* Automatización	0	6	3	1
	* Mejoramiento continuo /Ing. corto plazo e Ingeniería de largo plazo	1	9	0	0
	* Mantenimiento de equipos	7	3	0	0
Procesamiento	* Automatización de procesos	0	1	3	6
	* Lixiviación de concentrados	1	0	1	8
	* Biolixiviación	2	1	0	7
Cultura Organizacional	* Desarrollo de nuevas practicas	8	2	0	0
	* asociatividad	8	2	0	0
Exploración y Reservas	* Tecnologías de caracterización de yacimientos	5	4	1	0
Sustentabilidad	* Eficiencia Energética	5	1	4	0
	* Uso Energía Renovables no convencionales	2	6	2	0
	* Eficiencia Hídrica	6	3	1	0

Fuente: Creación propia.

## *ii. Conclusiones productores 100 - 300 toneladas*

### **a) Desarrollo.**

- Todos los expertos concluyeron que era necesario innovar a nivel medio o alto, en tecnología de construcción y en ingeniería de minería subterránea.

En relación a esta perspectiva los expertos mantuvieron su opinión respecto de la primera respuesta, por lo mismo el consenso se mantuvo y no se generó dispersión.

### **b) Extracción.**

- El 60% de los expertos coincidió que se debía de innovar la automatización a nivel medio.
- El 90% concluyo que se debía de generar innovación por mejoramiento continuo a nivel medio.
- El 100% concluyo que se debía de innovar a nivel medio o alto en la mantención de equipos.

El foco de automatización en la primera encuesta generó una dispersión, pero en la segunda ronda se generó consenso fundamentalmente porque los expertos concluyeron que se debía de generar innovaciones a nivel medio en automatización, lo cual podía ser entendido como mecanización que optimizara las operaciones. En el foco de ingeniería de corto y largo plazo en la primera ronda de respuestas el nivel de innovación medio acaparo el 60% de las preferencias, en cambio en la segunda ronda de entrevistas este consenso subió a un 90% es decir se fortaleció el consenso. En el foco de mantención de equipos en la primera encuesta los expertos concluyeron en un 40% que se debía de innovar a nivel alto, en la segunda encuesta ese valor subió a un 70%, dado que varios expertos que habían optado por el nivel medio subieron a innovación alta, concientizados por la necesidad de generar innovación en la descuidada mantención de los equipos mineros.

### **C) Procesamiento.**

- El 90% de los expertos concluyo que se debía de innovar en automatización de procesos a nivel bajo o muy bajo.
- El 80% de los expertos concluyo que se debía de innovar en lixiviación de concentrados nivel muy bajo.

- El 70% de los expertos concluyo que la biolixiviación se debía de innovar a nivel muy bajo.

En la perspectiva de procesamiento de mineral se incrementó el porcentaje de expertos que concluyeron que se debía de innovar muy poco en esta área fundamentalmente justificada por el bajo volumen de producción de estos yacimientos, los cuales hace inviable económicamente invertir en procesos de planta a nivel de concentración o pre-concentración.

#### **d) Cultura Organizacional**

- El 80% de los encuestados concluyo que se debía de innovar a nivel alto, en el desarrollo de nuevas prácticas y la asociatividad.

Al comparar este resultado con la primera encuesta el desarrollo de nuevas prácticas genero un 70% de las preferencias a nivel de innovación alta y la asociatividad genero un 60% de las preferencias a nivel de innovación alta, por lo mismo el resultado de la segunda encuesta es un profundización del consenso en torno a innovar a nivel alto, principalmente porque son yacimientos pequeños que deben asociarse para generar economías de escala y mejorar sus prácticas, elementos fundamental al momento de generar una nueva cultura de trabajo.

#### **e) Exploración y reserva**

- El 90% afirmo que se debía de innovar a nivel medio o alto en tecnología de caracterización de yacimiento.

Esta perspectiva había tenido una gran dispersión en la primera ronda de Delphi, en cambio en la segunda ronda un 40% de los expertos concluyo que se debía de innovar a nivel medio y un 50% concluyo que se debía de innovar a nivel alto, lo anterior fue fundamentado en que si bien los mineros carecen de manejar nuevos métodos, era fundamental generar nuevas instancias para cuantificar los recursos y reservas de mineral que tenían un yacimiento, sin esto no se puede hablar fehacientemente de planificación de explotación o de inversión en equipos, etc.

#### **f) Sustentabilidad**

- El 80% estimo que se debía de innovar a nivel medio o alto en uso de energía renovable no convencionales.
- El 90% afirmo que se debía de innovar a nivel medio o alto en el uso de eficiencia hídrica.

El único punto donde no hubo consenso fue eficiencia energética, esta segunda Delphi cerró las brechas generadas en la primera Delphi.

En la primera ronda de Delphi esta perspectiva generó una total dispersión de respuestas, la cual se mantuvo en el foco de eficiencia energética, pero generó consensos en uso de energía renovable y eficiencia hídrica, lo anterior porque estos conceptos a juicio de los expertos son más operativos y fáciles de incorporar que el primero.

### iii. Encuesta Productores de Rango 300-2000 Ton/ Mensuales.

La segunda encuesta enfocada en los productores mayores tonelajes se obtuvo el siguiente resultado:

Cuadro 15: Resultados según ronda de Delphi.

Áreas de Innovación	Focos de Innovación	NIVELES			
		Alta = 7	Media =5	Baja =3	Muy Baja =1
Desarrollo	* Tecnologías de Construcción	5	5	0	0
	* Ingeniería de minería subterránea	8	2	0	0
Extracción	* Automatización	0	10	0	0
	* Mejoramiento continuo /Ing. corto plazo e Ingeniería de largo plazo	4	6	0	0
	* Mantenimiento de equipos	8	2	0	0
Procesamiento	* Automatización de procesos	3	6	1	0
	* Lixiviación de concentrados	2	5	2	1
	* Biolixiviación	3	5	1	1
Cultura Organizacional	* Desarrollo de nuevas prácticas	9	1	0	0
	* asociatividad	8	1	1	0
Exploración y Reservas Geológicas	* Tecnologías de caracterización de yacimientos	6	4	0	0
Sustentabilidad	* Eficiencia Energética	8	2	0	0
	* Uso Energía Renovables no convencionales	2	8	0	0
	* Eficiencia Hídrica	9	1	0	0

Fuente: Creación propia.

### iv. Conclusiones Productores 300 -2.000

#### a) Desarrollo.

- El 100% de los expertos concluye que se debía de innovar a nivel alto o medio en las tecnologías de construcción y en la ingeniería de minería subterránea.

En el foco de tecnologías de construcción en la primera ronda Delphi el 30% de los expertos concluyó que se debía de innovar a nivel alto, en la segunda ronda este porcentaje subió al 50% de las respuestas. En el foco de Ingeniería en minería subterránea en la primera ronda el 40% de los expertos concluyó que se debía de innovar a nivel alto, en la segunda ronda ese porcentaje se incrementó a un 80%. El motivo de estos últimos resultados es el traspaso de muchas opciones de innovaciones a nivel medio en la primera encuesta a innovaciones a nivel alto en la segunda encuesta, lo anterior fue justificado por un re análisis de la real necesidad de este segmento de optimizar su gestión en la construcción de túneles y ramplas, lo cual es fundamental al momento de optimizar la mecanización de una operación minera.

### **b) Extracción.**

- El 100% determino que se debía de generar innovaciones a nivel medio en automatización.
- El 100% afirmo que se debía de innovar a nivel medio o alto en mejoramiento continuo.
- El 100% afirmo que se debía de innovar a nivel alto o medio en mantención de equipos.

Al analizar esta perspectiva el 50% en la primera ronda respondió que se debía de generar innovaciones a nivel medio en automatización, este porcentaje se incrementó a un 100% en la segunda ronda, lo anterior porque a juicio de los expertos, el grado de tonelaje de estas operaciones requiere de la necesidad de innovar en la mecanización de los equipos y hacerlos más eficientes, atendiendo precisamente a la geología de los yacimientos. En el caso de ingeniería de largo plazo, la cual pasó de un 50% a un 60% a nivel de innovaciones de nivel medio necesarias para generar eficiencias en las planificaciones operacionales de los yacimientos. En la mantención de equipos los expertos pasaron de un 50% a un 80% sus preferencias por la necesidad de una alta innovación en este sentido, lo cual estaría justificado porque este segmento tiene grados importantes de mecanización, lo cual necesita de generación de valor a través de nuevas prácticas y procedimientos que permitan tener menos tiempos muertos en las horas maquinas.

### **c) Procesamiento.**

- El 90% afirmo que se debía de innovar a nivel medio o alto en automatización de proceso.



- El 70% determino que se debía de innovar a nivel medio o alto en lixiviación de concentrados.
- El 80% determino que se debía de innovar a nivel medio o alto en biolixiviación.

En términos de procesamiento de mineral el juicio experto se mantuvo en mantener la necesidad de innovar a nivel alto o medio en esta perspectiva, derivado de la necesidad de estas operaciones de generar ciertos grados de independencia en su operación, además el desarrollo de una planta es fundamental para una operación que desea ser en algún momento de la mediana minería.

#### **d) Cultura Organizacional**

- El 100% afirmo que se debía de innovar a nivel medio o alto en desarrollo de nuevas prácticas.
- El 90% concluyo que se debía innovar a nivel medio o alto en asociatividad.

En el foco de desarrollo de nuevas prácticas, este aumento de un 50% a un 80% las preferencias por innovar a un nivel alto, mientras que en asociatividad este valor aumento de un 40% a un 90% la necesidad de innovar a nivel alto. El aumento de considerable por estas preferencias, radica en que estas operaciones deben generar sinergias, en la cuales la asociatividad es el primer paso, además necesitan urgentemente trabajar en nuevas prácticas que le permitan ocupar nuevas tecnologías y nuevos procedimientos necesarios para hacer más eficiente el rendimiento del yacimiento que tiene una cierta capacidad instalada de equipos.

#### **e) Exploración y reservas geológicas.**

- El 100% concluyo que se debía de innovar a nivel medio o alto en tecnologías de caracterización de yacimientos.

En este caso la innovación a nivel alto no cambio de porcentaje de preferencia entre las dos encuestas, si aumento el nivel medio de un 20% a un 40%. Los expertos consideran fundamental en un negocio que tiene capacidad instalada de equipos, la necesidad urgente de innovar en nuevas formas de exploración y dimensionamiento de las reservas de mineral, por ejemplo se mencionó los modelos que permiten cubicar minas, que si bien es utilizado en la gran minería, sería una innovación que revolucionaria en el desarrollo de la pequeña minería, ya que se podría cubicar una mina y saber bajo un método claro las diferentes reservas de mineral a diferentes profundidades.

## **f) Sustentabilidad.**

- El 100% afirmo que era necesario una innovación a nivel medio o alto para la eficiencia energética.
- El 100% afirmo que era necesario una innovación a nivel medio o alto para el uso de energías renovables no convencionales.
- El 100% afirmo que era necesario una innovación a nivel medio o alto para la eficiencia Hídrica.

En esta perspectiva aumentaron las preferencias por el nivel alto de innovación, lo anterior fue justificado porque estas son operaciones que deberían de tener otro nivel de cultura organizacional, por lo mismo exigirles los parámetros de sustentabilidad no debería de ser solo un mero cumplimiento de leyes sino que debería ser parte de la estrategia de negocio de operaciones que se pretenden desarrollarse por lo menos en el mediano plazo.

## **5. Focus Group a Pequeña Minería**

El Focus Group fue desarrollado con 8 productores de tonelajes desde 300 toneladas mensuales hasta 1.500 toneladas mensuales correspondiente a la Asociación Minera de Diego de Almagro. El objetivo de esta metodología era generar un espacio de conversación abierta para diagnosticar los focos de innovación para la pequeña minería a partir de la visión del Productor Minero.

Tomando en consideración lo anterior, la actividad comenzó con una presentación sobre el sentido de la reunión y la importancia de la opinión de los productores, para luego explicar el sentido práctico de la innovación en una operación minera, que en muchos casos está representado por el desarrollo de algún nuevo proceso o práctica que tiene como impacto una disminución en los costos operacionales, lo que sin duda es tan beneficioso como incrementar el precio de venta de los minerales (Ejemplo: costo v/s beneficio).

Desarrollado lo anterior se tomó en consideración la estructura desarrollada de la Delphi pero a opinión de un experto de la Universidad de Atacama, siempre era necesario comenzar por levantar la información enfocada en reserva para considerarlo como punto referencial, en virtud de lo anterior no se consideró necesario comentar los resultados del Delphi desarrollada a expertos, para no generar sesgos en las respuestas de los productores, pero si considerar la estructura de la Delphi la cual sería desarrollada a partir de preguntas y respuestas grupales.

## **a. Desarrollo de la Delphi Grupal**

### ***i. Exploración y reserva geológica***

Cuando se comenzó con el área de Exploración y reserva geológica, se evidenció a partir de la opinión de los productores el bajo trabajo a nivel de sondajes desarrollado en los yacimientos de la asociación que tan solo 1 yacimiento de los 70 que pertenecen a La Asociación ha tenido una campaña de sondaje en los últimos años.

Ha opinión de ellos mismos se trabaja con un gran nivel de incertidumbre y riesgo financiero al no saber con exactitud las reservas de sus yacimientos.

Por lo anterior justificaron una alta valoración para algún nuevo proceso o tecnología que les permitiera darles mayor información respecto del potencial de su propio yacimiento, ya que literalmente trabajan a ciegas cuando buscan minerales. Incluso uno de los productores justifico su cambio de explotar cobre por oro, porque este último es muy errático geológicamente y al no haber mecanismos para asegurar la existencia de reservas en cantidades óptimas prefirió cambiarse al cobre.

En este caso un 75% concluyó que era de alta importancia buscar una solución de un nuevo proceso, un 12,5% respondió que era de importancia media y un 12,5% dijo que era de importancia baja.

### ***ii. Desarrollo***

El según punto generado en la Delphi grupal fue la perspectiva de desarrollo la cual encontraron que está muy relacionado con el punto anterior y que necesariamente al haber más certidumbre sobre el lugar y envergadura de la reserva de mineral eso ayudaría bastante a optimizar los procesos de desarrollo y preparación de una mina, generando nuevos sistemas de fortificación.

A pesar que mencionaron su disconformidad con los planes de explotación exigidos por las autoridades, ya que a opinión de los mineros no reflejan la realidad de una operación, porque también utiliza muchos supuesto, que no son válidos y que a su juicio también se sobredimensiona los riesgos de una operación minera, paralizando el desarrollo de proyectos interesantes, en relación a esto solo un 37,5% respondió que era necesario una innovación alta y solo un 50% respondió que se

necesitaba una innovación de tamaño medio, un 12,5% mencionó que no era necesario innovar.

### *iii. Extracción*

En extracción fue uno de los puntos de mayor precisión que incluso arrojó un análisis cuantitativo, por ejemplo mencionaron que los productores utilizan cargadores frontales grandes, esto significa abrir un túnel de 4 metros de ancho por cuatro metros de alto, esto en costos totales representa un rango entre 350 a 400 mil pesos por cada metro de profundidad del túnel, si en este caso se tuviera otra tecnología como un scoop (Cargadores de perfiles bajos) el túnel sería tan solo de 2 metros de alto y 2 metros de ancho, lo que a nivel de costo sería rebajar los costos de extracción a un rango de 170 a 200 mil pesos por metro, lo anterior reflejaría que en un túnel de 100 metros se ahorraría con esta tecnología 17 millones de pesos, los cuales servirían para seguir profundizando el túnel 100 metros más. Por tanto en extracción si se requiere generar innovaciones en equipos que permitan reducir los costos de operación, tomando esto en consideración el 100% de los productores respondió la necesidad alta de innovar en esta perspectiva.

También justificaron que solo los productores a nivel artesanal trabajaban con equipos más manuales como carretillas, las que sería inapropiadas para un yacimiento de 200 toneladas o más, por tanto la extracción dependía de la mecanización de los equipos y en lo posible de mecanización eficiente.

### *iv. Procesamiento*

En esta perspectiva se encontró que los productores la tenían totalmente desenfocada de su operación de trabajo, quedando claramente bajo el poder comprador de ENAMI, incluso explicaron que hace un tiempo una compañía minera cercana les ofreció comprar parte de su material, solo condicionado a un determinado volumen y a una determinada ley, esto resultó imposible para la asociación, ya que ellos ven muy difícil poder lograr esto de manera conjunta, además encuentran que cualquier proceso de planta les generaría mayores grados de supervisión medioambiental y por lo mismo la posibilidad también de paralización de sus faenas por lo mismo el 100% de los productores se enfocó en la opción de muy baja innovación respecto a esta perspectiva.

### *v. Cultura Organizacional*

En este foco más que la necesidad de generar nuevas prácticas, sienten la necesidad de tener que asociarse como manera de generar propuestas que puedan generar impactos importantes en el desarrollo de sus pequeñas empresas, para

justificar lo anterior explicaron cómo habían encontrado un yacimiento perteneciente a Codelco que querían explotar en asociación (25 productores), siguiendo el ejemplo desarrollado por Cerro Negro, pero desgraciadamente este yacimiento está en manos de Codelco y por tanto no puede ser utilizado por la pequeña minería.

Incluso en estos momentos estaban tratando de definir algún pequeño proyecto que pudiese beneficiar a toda la asociación (sienten la necesidad de integración pero les cuesta encontrar el foco).

Bajo lo anterior el 100% respondió que era importante innovar en formas de generar asociatividad, incluso pensando en generar acuerdos con proveedores, etc.

#### **vi. *Sustentabilidad***

La perspectiva de sustentabilidad no la tienen incorporada por lo mismo no tiene un foco de necesidad en relación a la misma, la sienten más cercana al cumplimiento de leyes medioambientales que al concepto de eficiencia sobre el medioambiente. Lo anterior fue expuesto en el sentido que no sienten la necesidad de optimizar el combustible, el cual evidentemente genera desechos que afectan el medio ambiente, tampoco se enfocan los problemas de escases del agua como un elemento que ellos mismo pueden aportar desde sus operaciones, en este caso el 100% mencionó que la innovación sería de tipo bajo en esta perspectiva es decir que no sería de importancia para ellos.

### **6. Conclusiones objetivo específico 1**

Al analizar los estudios desarrollados con anterioridad a esta investigación y cruzarlos con la información levantada en el Delphi y el focus group primeramente se mencionaran las áreas donde existe consenso dentro del análisis de pequeña minería, para después exponer los puntos nuevos que no habían sido advertidos en investigaciones anteriores.

#### **a. Pequeña minería con baja mecanización (100-300 Ton/mes)**

##### ***i. La perspectiva de extracción***

El 60% de los expertos concluyó que se debía de automatizar estas operaciones a nivel medio, que sería lo mismo que desarrollar niveles avanzados de mecanización, además el 90% concluyó que se debía de innovar a nivel medio en ingeniería a largo

plazo y el 70% concluyó que se debía de innovar a nivel alto en la mantención de los equipos.

En el estudio desarrollado por el CIMM y la Usach, en el perspectiva tecnológica se menciona que este segmento utiliza equipos viejos y que existe bajo nivel de mecanización, y en la perspectiva de gestión analiza el bajo nivel de mantención de los equipos y la carente ingeniería de largo plazo en la explotación presente por el bajo nivel de estudio del personal a cargo.

En el estudio desarrollado en 1997 por la Universidad de Antofagasta deja claro que estos segmentos tienen bajo nivel de mecanización.

## *ii. La perspectiva de procesamiento*

El gran porcentaje de los encuestados en la Delphi concluyeron que no era necesario innovar en esta perspectiva, lo anterior es validado por el Estudio del CIMM y la Usach, también por el focus group con mineros los cuales dijeron no estar interesados en desarrollar proceso de planta.

## *iii. En la perspectiva de Cultura*

El 80% de los encuestados en el Delphi afirmaron que era necesario innovar a nivel Alto en desarrollo de nuevas prácticas y asociatividad. El estudio desarrollado por el CIMM y la Usach valida esta posición ya que hace inferencia que la asociatividad y las incorporaciones de nuevos conocimientos que son fundamentales dentro de la innovación. El focus Group minero también valida las posiciones anteriores, incluso dio ejemplos de asociatividad.

## *iv. Perspectiva de exploración y reservas*

El 60% de los expertos concluyó que era necesario innovar a nivel alto, esto es validado por el informe del CIMM y la USACH que afirma que los mineros no poseen un método científico para manejar las leyes del mineral. El focus group con pequeños mineros también mostro la necesidad de manejar adecuadamente las reservas de mineral, con el objetivo de reducir la incertidumbre.

#### ***v. Perspectiva de sustentabilidad***

En esta perspectiva no hubo consensos ya que el 60% de los expertos concluyo que se debía de innovar a nivel medio en uso de energía renovable no convencionales y el 60% concluyo que se debía de innovar a nivel alto en uso de eficiencia hídrica. El estudio del CIMM menciona los problemas energéticos y ambientales, desde el punto de vista del focus group minero todo el tema medioambiental corresponden a leyes que se deben cumplir, no dimensionado el concepto de sustentabilidad de una operación minera.

#### ***vi. La perspectiva de desarrollo***

El 70% de los expertos afirmo que se debía de innovar a nivel medio en las tecnologías de construcción y el 50% afirmo que se debía de innovar a nivel alto y un 50% se debía de innovar a nivel medio en ingeniería en minería subterránea, este punto genero un 50% de aceptación a nivel tecnologías de construcción por el focus group, este punto no fue desarrollado por la investigación del CIMM.

### **b. Pequeña Minería con mecanización media (300-2.000 Ton)**

#### ***i. La perspectiva de extracción***

En la Delphi el 100% de los expertos concluyo, que se debía innovar a nivel medio, ya que estas operaciones ya tenían un cierto nivel de mecanización. Este punto también fue abordado por el CIMM, pero desde una perspectiva de escasa mecanización, lo cual contrasta en el focus group, donde se evidencia que estas operaciones que tienen mayor tonelaje si tienen mecanización, la cual en muchos casos es ineficiente ya que tiene un gran tamaño en comparación con las vetas o potencias que se deben explotar. Los expertos en un 80% concluyeron que se debía de innovar a nivel alto en la manera de hacer la mantención, desde un punto de vista los equipos que utilizan estas operaciones son viejos por tanto necesitan de mejores mantenciones, lo cual también fue mencionado por el CIMM.

#### ***ii. En cultura organizacional***

El 80% de los expertos concluyo que se debía de innovar a nivel alto en asociatividad y un 90% concluyo que se debía de innovar a nivel alto en el desarrollo de nuevas prácticas. El estudio desarrollado por el CIMM evidencio la necesidad de mejorar la asociatividad y de mejorar la capacitación y competencias. En relación al focus group, los mineros se mostraron interesados en mejorar la asociatividad, como forma de generar nuevos negocios (Operación Cerro Negro).

### ***iii. En la perspectiva de exploración y reservas geológicas***

Un 60% de los expertos manifestó que era necesario desarrollar una innovación alta en tecnologías de caracterización de yacimientos. En el estudio del CIMM se evidencia la carencia de un método científico necesario para manejar adecuadamente las leyes del material extraído. En el focus group desarrollado por mineros se evidencio una clara necesidad por cuantificar de manera más precisa el potencial de sus yacimientos.

### ***iv. En la perspectiva de sustentabilidad***

Un 80% de los expertos concluyo que se debía de innovar de manera alta en eficiencia energética, un 80% concluyo que se debía de innovar a nivel medio en uso de energía renovables no convencionales y un 90% concluyo que se debía de innovar a nivel alto en eficiencia hídrica. En la investigación desarrollada por el CIMM se menciona en la perspectiva de problemas tecnológicos, los peligros medioambientales y los problemas energéticos. En el focus group desarrollado con los mineros estas perspectivas son tomadas como cumplimiento de leyes y no tiene un sentido práctico en el negocio.

### ***v. La perspectiva de procesamiento***

A lo menos el 50% de los expertos concluyeron que se debía de innovar a nivel medio en esta perspectiva. El estudio del CIMM enfatiza que la pequeña minería entrega productos sin valor agregado (concentrado de cobre), pero desde el punto de vista de los productores mineros no tiene necesidad de generar procesos de planta, por lo que se sienten tranquilos vendiendo solo minerales y no concentrados a las plantas.

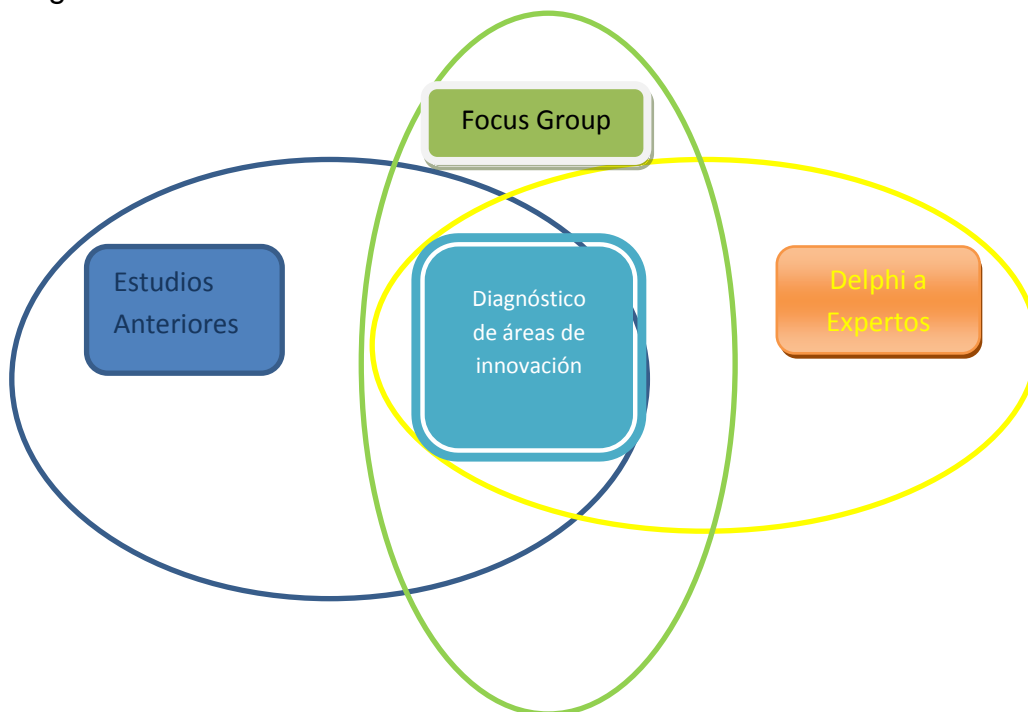
### ***vi. La perspectiva de desarrollo***

El 50% de los expertos del Delphi concluyeron que se debía de innovar a nivel alto en tecnologías de construcción y un 80% concluyo que se debía de innovar a nivel alto en ingeniería en minería subterránea, el estudio del CIMM y la USACH no menciona esa investigación, pero desde el punto de vista de los mineros sería interesante innovar a nivel medio en tecnologías de construcción.

En la figura 9, se integran las visiones de los estudios anteriores, el Delphi de expertos y el focus group, el diagnóstico sobre las áreas a innovar en pequeña minería sale específicamente del consenso de estas tres visiones



Figura 9: Visiones de innovación



Fuente: Creación Propia

Al concluir esta parte de la investigación, se puede evidenciar que existen consensos a nivel de estudios anteriores, la Delphi de expertos y el Focus Group en las áreas: de “Extracción”, “Exploración y reserva” y “Cultura Organizacional”

Un área que fue detectada como importante para innovar desde el punto del Delphi y el Focus group se refiere a la innovación en desarrollo, estos no había sido abordados por las investigaciones anteriores.

En la perspectiva de procesamiento los estudios anteriores y el Delphi (productores de mayor tamaño) evidenciaron consenso, pero desde el punto de vista de los productores, no desean incorporar procesos de planta.

En la perspectiva de Sustentabilidad, tanto el Delphi como los estudios anteriores llegaron a consensos, pero este punto no está dentro de la visión de los productores.

Un elemento a destacar es que en las áreas donde existieron consensos como “exploración y reservas”, “Extracción” y “Cultura Organizacional”, es un foco productivo que potenciaría técnicamente a la pequeña minería, no afectando el desarrollo de la minería artesanal que es asistida por el programa PAMMA, ni

tampoco afectando a otros segmentos de la mediana minería, por lo anterior el determinar un trabajo enfocado en estas áreas sería un Pareto óptimo, porque no se afectaría a ningún agente de la minería. Al criterio anteriormente expuesto está el área de “Desarrollo”

Al analizar otros focos como procesamiento, el cual se enfoca en establecer trabajos de planta y generar a partir de los minerales concentrados, podría generar suspicacias desde el punto de vista medioambiental, ya que el desarrollo de plantas dependientes de la pequeña minería podría evidentemente generar cierta independencia de la pequeña minería al poder de compra de ENAMI y también generaría un mayor valor agregado al mineral extraído, pero la duda estaría representada si los pequeños mineros son capaces de seguir las normas de seguridad y medioambiente, que son necesarias para no afectar localidad de vida de las comunidades cercanas a través de los relaves ,etc. Por lo anterior el desarrollo de las áreas de procesamiento no sería Pareto óptimo, ya que podría existir la posibilidad de riesgos ambientales, que la pequeña minería es incapaz de controlar a través de sus procesos de gestión.

En el área de “Sustentabilidad” a pesar que no existen consensos por el desconocimiento de los pequeños mineros sobre el tema y también el poco manejo que a juicio de los expertos los mineros tienen sobre el tema, sería interesante ver a los mineros desarrollar aspectos de sustentabilidad en energía y aspectos hídricos, los cuales beneficiarían directamente a los pequeños mineros y difícilmente afectarían a otro segmento social o económico cercano a las operaciones

## **V. SEGUNDO OBJETIVO ESPECÍFICO: DESARROLLAR UN MODELO DE INNOVACION PARA LA PEQUEÑA MINERIA**

En el seminario realizado por COCHILCO el 13 de diciembre del 2012, Titulado: Innovación y Productividad en la Minería ¿Vamos por un buen camino? En la presentación de la Directora de Estudios y Políticas Publicas de COCHILCO, María Cristina Betancur, expuso que CHILE en el periodo 1997-2010 solo ha gastado el 0,25% en investigación y desarrollo, como porcentaje del PIB, los países de la OCDE gastan en promedio un porcentaje superior al 2%. Además en la misma presentación se expuso que CHILE estaba en el puesto 44 respecto del desarrollo de innovación en el mundo.

Por lo anterior estamos frente a una sociedad que no desarrolla mucho innovación, a nivel general, dentro de la presente investigación se propone como segundo objetivo específico formular un modelo de innovación que pueda articular las necesidades de innovación de la pequeña minería, y transformarlas en productos es decir en tecnologías y procesos que permitan mejorar la productividad de estos yacimientos.

Para desarrollar el objetivo 2, se generaron entrevistas exploratorias a expertos (Gerentes de innovación de empresas proveedoras, investigadores mineros, etc.), para luego identificar las variables que integran un modelo de innovación. Estas variables fueron analizadas en dos modelos de innovación mineros propuestos en CHILE, lo anterior nos dio una base de análisis para desarrollar el modelo de innovación propuesto por la investigación, que debería de generar la innovación en las áreas identificadas en el objetivo 1.

### **1. Entrevistas Exploratorias a Expertos de Innovación, investigación y tecnología Minera.**

Los procesos de desarrollo de innovación son procesos que tiene mucho de constructivismos, debido a que se deben sortear barreras de paradigmas culturales de las propias organizaciones, por lo mismo es fundamental tomar en consideración la opinión de personas que en algún momento hayan desarrollado la innovación, la investigación y la tecnología minera, para lo anterior se entrevistó a 6 expertos que ocupan cargos de investigadores mineros, o gerente de innovación y tecnología minera, para considerar sus opiniones respecto a cómo debería de ser el proceso de generar la innovación en los segmentos de la pequeña minería, tomando en consideración la información generada a nivel de diagnóstico (objetivo específico numero 1).

Para comenzar el análisis los expertos abordaron que la pequeña minería era carente de desarrollo innovativo, lo cual ya ha sido validado a través del diagnóstico.

Al comenzar a abordar la innovación como proceso los expertos comentaron sus vivencias y experiencias a cargo del desarrollo de innovaciones o tecnologías, destacándose un común denominador, que radica en preparar culturalmente a las organizaciones para generar innovación.

El primer gerente de Tecnología e innovación menciona textual “Cuando tu innovas y desarrollas ese proceso al interior de organizaciones, debes abrir puertas y ventanas, donde antes habían muros”, incluso dio como ejemplo la dificultad que a veces tiene en términos contables imputar gastos sobre productos no desarrollados y que en algunos casos no alcanzan a prototipos.

Este gerente mencionó que los tiempos para desarrollar innovación y tecnologías eran particularmente de un par de años. Mencionó que la pequeña minería sería interesante como mercado, siempre y cuando se contara con una “masa crítica de clientes a los cuales se les pueda generar la innovación “. Además mencionó que la universidad es interesante como actor dentro de la innovación, dentro de la perspectiva de generación de conocimiento.

El segundo gerente de tecnología e innovación mostro diferentes proyectos de innovación que estaban desarrollando incluso unos cargadores que tenían dos funciones, por un lado el de ser perforadoras y por otro de ser cargadores de mineral, estas máquinas serian propicias para ser ocupadas por la pequeña minería, incluso el gerente encontró que ellos tiene scoop, que son cargadores pequeños aptos para la pequeña minería y mencionó que en Perú venden 20 de esos cargadores y que en CHILE tan solo 1, al parecer existe un desconexión entre el mundo proveedor y la pequeña minería.

El tercer gerente que desarrolla tecnología minera, mostro varios proyectos que estaban desarrollando con la mediana minería, también en algún momento ha desarrollado proyectos con la pequeña minería y mencionó la posibilidad de ocupar tecnologías limpias como fuente de energía de las perforadoras, es decir la capacidad de generar proyectos siempre es latente.

El cuarto gerente de tecnología mencionó como cada proyecto que desarrollan para la mediana minería, deben probarlo en terreno para ir generando los ajustes. También mencionó la capacidad que debían de tener las empresas proveedoras para innovar y destacó el valor que tiene la investigación a nivel universitario, la cual ha generado conocimiento que ellos han aplicado en las innovaciones desarrolladas con posterioridad.

Los dos investigadores consultados, que han desarrollado proyectos con la minería, consideran que la innovación en la pequeña minería debe de incorporar la capacidad de los proveedores, la articulación de ENAMI como socio estratégico, pero debe de generarse también una retroalimentación con las Universidades, ya que existen investigaciones que son relevantes al momento de dimensionar o bien desarrollar un proyecto de innovación y que al mismo tiempo existe desconocimiento en el mercado de esta investigación .

Como conclusión de estas entrevistas exploratorias, es que existen empresas proveedoras que desarrollan innovaciones para la gran minería o a veces para la mediana minería, estas empresas en algunos momentos requieren de la investigación a nivel universitario para obtener conocimiento muy específico. También se hace mención a que varias de estas empresas podrían generar innovación en la pequeña minería. Un hecho relevante que ellos mencionaron es generar un mecanismo de detección de necesidades de innovación a nivel más general, ya que la investigación que ellos desarrollan para detectar oportunidades requiere mucho levantamiento en terreno, y la pequeña minería tiene una enorme dispersión geográfica. Se necesitan una conexión con la pequeña minería que les permita saber qué tipo de tecnología requieren y cuantos podrían ser los posibles clientes.

Tomando en consideración las opiniones de los expertos, dentro del ámbito exploratorio, se pueden identificar las variables más importantes que integran un modelo de innovación, las cuales son las siguientes:

**Cultura de Innovación:** Enfocado en todo el desarrollo de prácticas, procedimientos, y rutinas de los diferentes equipos de una organización, que en su conjunto definen la cultura que es la forma a través de la cual desarrolla sus laborales una organización. En relación a esto si una organización tiene un mejor desarrollo cultural, por ejemplo: en relación a la adaptación al cambio, esto es ventajoso al momento de generar un proceso de cultura de innovación, donde se desarrollan nuevos procesos o procedimiento.

**Generación de Conocimiento:** Es la capacidad de desarrollar conocimiento que se pueda aplicar en alguna innovación futura, en este caso el conocimiento debe ser muchas veces creado a partir de investigaciones.

**Inteligencia Tecnológica:** Se refiere a la capacidad de identificación de necesidades y de potenciales soluciones de innovación, que permitan cumplir esas necesidades.

**Sistema de Gestión de innovación:** Se refiere a un sistema que permita la integración eficiente de los diferentes procesos y actores en una innovación.

**Recursos:** Esta perspectiva aborda la capacidad del propio modelo de innovación de contar con los suficientes recursos para desarrollar la innovación, entendiendo que la innovación es un proceso de inversión y desarrollo.

**Estrategia de innovación:** Esta perspectiva integra la visión más general del porque se desarrolla la innovación y cuál será la forma de llevarse a cabo, es como una empresa que sin estrategia es un simple barco a la deriva, lo mismo pasa aquí, la innovación sin estrategia es como crear innovación sin darle un foco o sentido final.

**Constructor de la innovación:** Se refiere a la organización que desarrolle en términos reales y aplicados la innovación hasta llegar a la escala industrial.

**Transferencia:** se refiere a la parte final donde la innovación ya ha sido probada a nivel de prototipo, y corresponde que esta innovación pueda llegar a su usuario final a nivel de producto terminado, con garantías técnicas de su futuro rendimiento.

Después de interpretar la variables de un modelo de innovación partir de las entrevistas exploratoria corresponde exponer un par de modelos de innovación propuesto, para después contrastarlos con estas variables e identificar sus fortalezas y debilidades. Lo anterior permite formular el modelo de innovación para pequeña minería, el cual sería la base técnica donde deberían de articularse los instrumentos de Política Pública.

## 2. Modelos de innovación en la Minería

### a. Modelo de Innovación Participativa<sup>19</sup>

Al abordar la innovación es interesante destacar su grado de avance en las empresas Chilenas para lo anterior Valle, Abarzua y Contreras (2010, p 20-21), en el libro “innovando contra la corriente” exponen la experiencia de 3 empresas proveedoras de la minería en CHILE, entregando una pauta para generar la innovación, a través de lo siguiente elementos estratégicos:

- El primero es mirar a la organización de manera sistémica: La operación, la organización y la cultura.

---

<sup>19</sup> Libro “Innovar contra la corriente: tres empresas proveedoras de la minería” autores: Alfredo Valle, Eduardo Abarzua, Fernando Contreras. .Universidad Alberto Hurtado.

- La segunda perspectiva es la diferencia entre adaptación e innovación. La adaptación es un modo de cambio reactivo, que se origina en los eventos del entorno y opera como reacción a ellos.
- La innovación es un modo de cambio proactivo que se origina y desarrolla y crea valor en la organización.

El modelo propuesto en el libro “Innovando contra la corriente” es de innovación participativa, el cual debería permitir a una empresa lograr tres resultados para convertirse en una organización innovadora: Primero una serie de innovaciones concretas que crean valor para los clientes y para la propia empresa. Segundo, un sistema de gestión de innovaciones que hace posible generar una serie de innovaciones. Tercero, una cultura de innovación que convierte a la generación de innovaciones en algo automático y de sentido común en la empresa.

#### *i. Naturaleza del Proceso: Transformación interna, no implantación de técnicas*

En el libro de “innovar contra la corriente”, se destaca que el modelo de innovación participativa no busca instalar innovaciones específicas, sino generar unas innovaciones de segundo orden: **crear capacidades para producir un flujo permanente de innovaciones.**

El proceso de innovación participativa es auto reflexivo para que la empresa tome conciencia del proceso en curso, examine el avance logrado en forma crítica y efectúe las correcciones requeridas y es sostenida durante el tiempo necesario para que los cambios se afiancen en los tres planos: el operacional, el organizacional y el cultural.

#### *ii. La Lógica de la acción del modelo*

El modelo expuesto tiene una lógica de acción que intervienen ocho elementos de diferentes tipos, que se articulan. Ellos son:

- a) **La convocatoria integral:** Se inicia con una invitación formal a crear futuro mediante actividades definidas que se extienden a un primer conjunto de personas.
- b) **El potencial de desarrollo:** La primera fuente de energía de este proceso es la explicación del valor que la empresa podría generar, para sus clientes y para sí misma, si lograra materializar el amplio número de innovaciones.
- c) **La oportunidad personal para crear:** La segunda fuente de energía actúa a nivel individual y es la oportunidad que el proceso ofrece a los miembros de la empresa

para expresar sus capacidades para crear: propone y defender iniciativas, ejercer liderazgo.

d) **La Secuencia de las acciones:** El proceso consta de una secuencia de acciones, que va de lo más general a lo más particular, e involucra a las personas.

e) **La Salida de las relaciones cotidianas de poder:** Todo miembro de una empresa está inmerso en una red de poder, que se expresa en su nivel jerárquico.

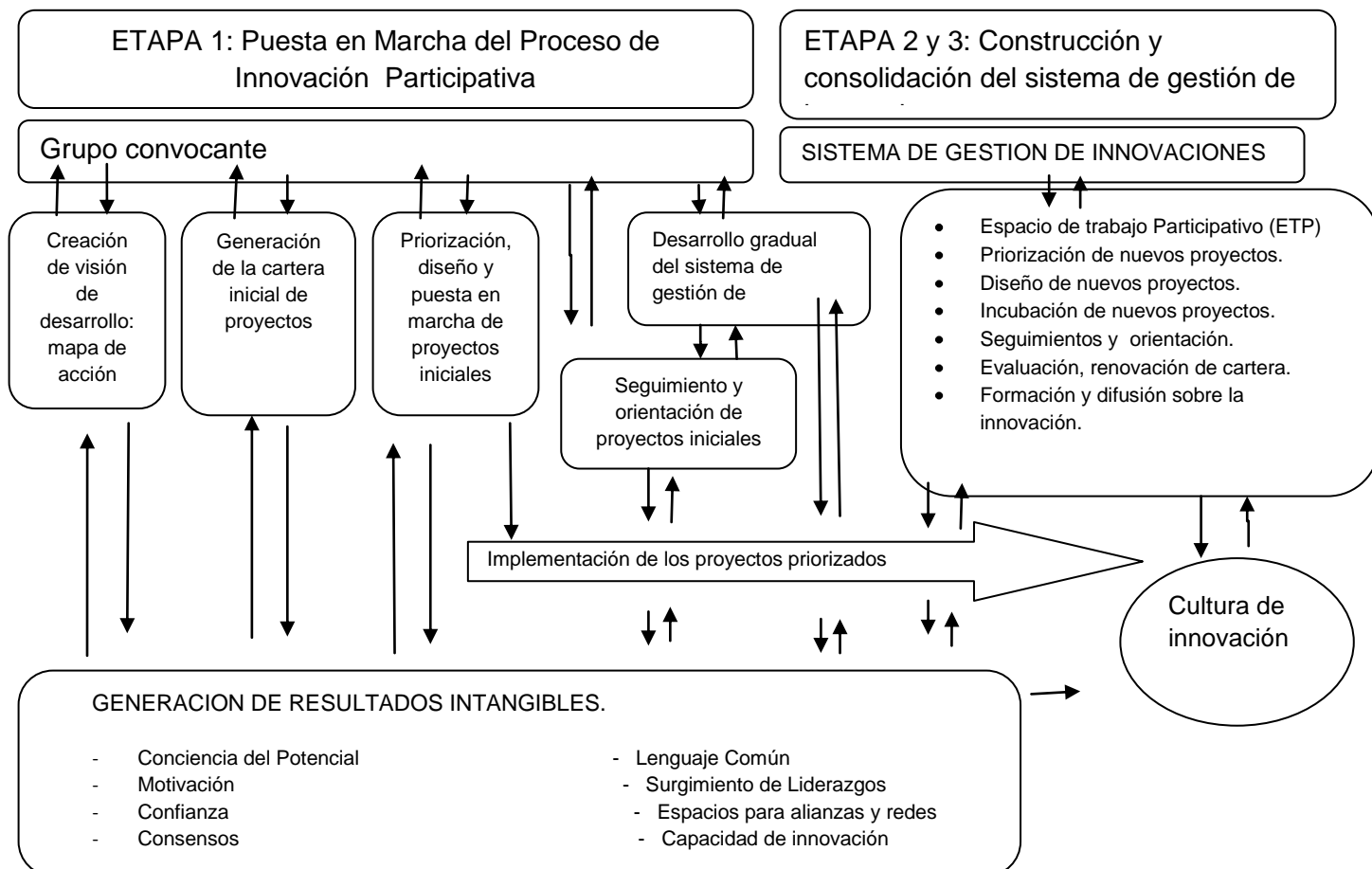
f) **La Organización emergente:** Los proyectos nacientes encuentran dificultades, de esto emerge un sistema de gestión de innovaciones que tiene los rasgos propios de la empresa y que no está impuesto desde afuera con algún diseño predefinido.

g) **El uso metódico de la intuición:** El modelo utiliza conceptos, métodos y herramientas, basadas en el lenguaje, que permiten manejar la complejidad del mundo.

h) **El rol del agente metodológico:** Quien articula el modelo es un agente metodológico, tiene a su cargo la puesta en marcha y la orientación al proceso.



Figura: 10: MODELO DE INNOVACION PARTICIPATIVA



Fuente: Libro “Innovar contra la corriente: tres empresas proveedoras de la minería” autores: Alfredo Valle, Eduardo Abarzua, Fernando Contreras. página 86. Universidad Alberto Hurtado.

### iii. La Puesta en marcha del proceso y el mapa de acción

Se constituye el grupo convocante y este selecciona a quienes participaran en las dos actividades iniciales la creación de la visión de desarrollo y la generación de la cartera inicial de proyectos. En este grupo de actividades se utiliza la herramienta un mapa de acción del modelo.

#### a) El impulso a los proyectos iniciales y el perfil de potencialidad.

El grupo convocante selecciona un primer conjunto de proyectos para poner en marcha y designa líderes para que inicien su diseño y luego conduzcan su implementación. Adicionalmente emprende tareas de seguimiento y orientación de estos primeros proyectos. En estas actividades se utilizan una segunda herramienta del modelo: el perfil de potencialidad.

## b) La Construcción del sistema de gestión de innovaciones.

Como se describió más arriba, el sistema de gestión de innovaciones se comienza a diseñar y se construye gradualmente a medida que van surgiendo necesidades de apoyo efectivas a los proyectos que tratan de partir y no lo logran debido a condiciones de la realidad práctica de la empresa.

## c) La formación de la cultura de innovación.

Mientras los elementos anteriores se dan en el plano tangible, de las operaciones y la organización, hay otras cosas que van ocurriendo en otro plano, intangible, como consecuencia de la acción del proceso mediante “participación fuerte” es la formación de esta nueva cultura

### *iv. Análisis del Modelo (desarrollar análisis paramétrico)*

El aporte que el modelo de innovación participativa puede generar a la innovación en pequeña minería, radica en los proveedores y su capacidad de construir y transferir innovación. El modelo de innovación participativa es un modelo que trabaja sobre la cultura de innovación.

Dentro del mundo minero de pequeña minería existe un cierto número de proveedores que venden casi los mismo equipos, por lo mismo se podría decir que al no haber innovaciones por parte de los proveedores en sus tecnologías, tampoco podría haber innovaciones en la pequeña minería, entendiendo que las innovaciones en su inmensa mayoría solo pueden ser desarrolladas por los proveedores.

**Cuadro 16: Evaluación del modelo de Innovación Participativa con las variables de innovación**

	<b>Alto</b>	<b>Medio</b>	<b>Bajo</b>
Receptor de la Innovación	x		
Cultura de Innovación	x		
Generación de conocimiento			x
Inteligencia tecnológica		x	
Sistema de Gestión de Innovación	x		
Recurso			
Estrategia de Innovación	x		
Constructor de la Innovación	x		
Transferencia			x

Fuente: Creación Propia

En el cuadro número 16, se evalúan las diferentes variables de innovación anteriormente identificadas y se miden en tres niveles: Alto, Medio y bajo, lo anterior para identificar como está presente esa variable en el modelo.

En el cuadro 16, se constataron las variables con el modelo de innovación participativa, donde se puede concluir lo siguiente:

El modelo deja claramente identificado los receptores de innovación que en este caso serían las compañías mineras y las mismas empresas proveedoras.

Es un modelo que busca fortalecer la cultura de innovación, por eso se justifica su alto puntaje.

En relación a la generación de conocimiento este modelo lo centra más específicamente en la interacción propia dentro de la empresa, pero a juzgar por los expertos muchas veces la generación de conocimiento se desarrolla fuera de las empresas proveedoras

En el caso de la inteligencia tecnológica desarrollan un proceso de priorización de proyectos, pero no queda claro como logran identificar las necesidades del medio.

Este modelo de innovación integra con mucha especificación un sistema de gestión de innovación, por lo mismo su nota es alta.

En la perspectiva recursos no la hace mención en el modelo.

Es un modelo que desarrolla una estrategia emergente de innovación, ya que esta surge de la propia interacción organizacional.

Se destaca a la organización proveedora como constructor de la innovación, lo cual queda claramente especificado con el modelo.

En lo que respecta a la transferencia no se menciona casi en el modelo por eso su valor es bajo.

## **b. Modelo de gestión de innovación propuesto por el CIMM y la USACH**

En el texto “Desarrollo de Tecnología para la minería de mediana y pequeña escala desarrollado por el CIMM y la USACH”, Fontecilla y Muñoz (2005, p 55-57) infieren un modelo de innovación para la pequeña minería, este instrumento tiene como eje central una Unidad de Empresa Tecnológica (U.E.T.), que tiene por objetivo solucionar con rapidez y eficiencia, las necesidades o deficiencias de la pequeña y mediana minería en sus procesos productivos. A continuación se presenta una síntesis de ese modelo:

La U.E.T. Se organizaría a partir de una sociedad tecnológica, en la cual pueden participar Universidades, centros de investigación, empresas privadas y organizaciones públicas.

En esta sociedad todas las organizaciones, pueden entregar sus conocimientos y habilidades, en el caso de los centros de investigación y las universidades el potencial está dado por las investigaciones desarrolladas en el tema minero.

Se pretende que los proyectos de orden de innovación tecnológica sean identificados en levantamientos en terreno, con el objetivo de generar una base de problemas mineros por regiones. Estos problemas serían presentados como proyectos a la USACH y al CIMM, para desarrollarlo a nivel de investigaciones de alumnos de pre y pos-gradados.

El financiamiento de estos proyectos sería a través de las postulaciones de los diferentes fondos concursables como Fondecyt, Fondef, etc.

La unidad desarrollaría un aporte a las innovaciones de estas operaciones mineras a través de tecnologías nuevas, tecnologías recicladas y tecnologías cruzadas.

### **Tecnologías nuevas**

Se refiere a la implementación de equipos no usados en la actualidad, diseñados de forma innovadora, ayudando a disminuir los costos de operación, con una menor contaminación del medio ambiente. Estas son tecnologías desarrolladas por centros de investigaciones, empresas proveedoras, etc. En este parámetro también se considera tomar tecnologías desarrolladas por la gran minería y adaptarla para la pequeña y mediana minería.

### **Tecnologías recicladas**

Se refiere a adaptar equipos en desuso de la gran minería para ser usados en la mediana minería y equipos en desuso de la mediana minería para ser usados en la

pequeña minería. Estas adaptaciones de usar equipos son posibles en la medida que se generen procedimientos de restauración y mantenimiento.

### Tecnologías cruzadas

Se refiere a la adaptación de tecnologías de otros sectores productivos e introducirla a la pequeña y mediana minería, para esto es necesario manejar conocimiento tecnológico de varios campos productivos.

Figura 11: Modelo propuesto CIMM y USACH.



Fuente: Desarrollo de Tecnología para la minería de mediana y pequeña escala, CIMM y USACH, autores: Sebastián Fontecilla, Cristian Muñoz, página 57, Febrero 2005.

#### *i. Análisis del Modelo:*

Al analizar el Modelo propuesto, la Unidad de Empresa Tecnológica es una organización que debería de integrar a Universidades, Centros de investigación y empresas proveedoras. La ventaja de esta unidad sería la posibilidad de detectar las necesidades de innovación en terreno dentro de la pequeña minería, para luego identificar qué tipo de tecnología se debe de implementar, ya sea desarrollando una tecnología que no existe, mejorando una tecnología existente o bien combinando dos o más tecnologías que generan la innovación deseada. Lo anterior es una propuesta interesante, pero en este caso ¿qué etapas del desarrollo de la innovación le correspondería a cada organización?, porque en términos generales, por ejemplo: una universidad tiene investigación que le genera conocimiento, incluso en ciertos casos particulares tiene el desarrollo de algunos prototipos de tecnología, pero sería impensable verla desarrollando equipos en serie, que es labor propia de una empresa proveedora.

**Cuadro 17: Evaluación del modelo de Innovación Participativa con las variables de innovación**

	Alto	Medio	Bajo
Receptor de la innovación	x		
Cultura de innovación		x	
Generación de conocimiento	x		
Inteligencia tecnológica	x		
Sistema de gestión de innovación		x	
Recurso		x	
Estrategia de innovación	x		
Constructor de la innovación			x
Transferencia			x

Fuente: Creación Propia.

Al analizar el modelo con las variables de innovación podemos concluir los siguientes:

Tiene un claro receptor de la innovación.

No tiene un gran desarrollo de la cultura de innovación, más bien parece un modelo integrador de piezas, con el fin de innovar.

Tiene como base la Universidades y los centros de investigación, por lo mismo es potente en generación de conocimiento, pero al mismo tiempo las universidades no son potentes en la transferencia de innovación.

Tiene una ventaja ya que establece los parámetros para desarrollar la inteligencia tecnológica.

El sistema de gestión de la innovación es muy poco claro respecto de quien será el que construirá la innovación.

En la perspectiva de recursos a pesar de dejar explícito de donde se obtendrán los fondos: Fondef, Fondecit y SENCE para desarrollar la innovación, no existe una línea presupuesto estimativo, por lo anterior esta variable tiene un nivel medio.

Tiene una estrategia de innovación clara en su declaración, pero no en su ejecución.

No identifica quien será el constructor de la innovación, ya que es impensable que una universidad incluya este proceso dentro de sí.

No deja claro cómo se desarrollara el proceso de transferencia de la innovación.

### **c. Modelo de Innovación Propuesto para la pequeña minería.**

#### ***i. Antecedentes.***

Tomando en consideración el diagnóstico generado en el Delphi, lo cual es validado por las investigaciones desarrolladas por el CIMM y la USACH, se evidencia la falta de innovación en áreas operacionales: Desarrollo, Extracción, Procesamiento, Exploración y reservas geológicas. Como también existe falta de innovación en las áreas de apoyo: Sustentabilidad y Cultura Organizacional.

Al mismo tiempo los diferentes segmentos productivos de la pequeña minería son incapaces por sí mismo de tener equipos de Investigación y desarrollo, que permitan hacer un trabajo de inteligencia tecnológica, por tanto estamos ante un problema de dos aristas por una parte son empresas a las cuales no ha llegado la innovación necesaria y además no tiene la capacidad para detectar esa innovación en el mercado.

#### ***ii. Identificación de actores relevantes***

Primero se identificó el grupo de actores intervinientes en el modelo:

**Agrupaciones mineras:** Son las agrupaciones de varios yacimientos mineros, en el caso de CHILE están agrupados en distritos y el número varía de 20 a 80 operaciones aproximadamente, al agruparlos se pueden generar economías de escala, además las operaciones de un mismo distrito gozan muchas veces de la misma geología de yacimiento, lo cual es fundamental al momento de poder estandarizar un cierto tipo de tecnología, que esté relacionada al método de explotación y este a su vez al tipo de geología del lugar.

**Centro de Investigación y Universidades:** Se incluye centro de investigaciones que estén desarrollando investigaciones en el ámbito minero, como además las conocidas Universidades Mineras que desarrollan investigaciones que generen conocimiento importante al momento de generar una innovación.

**Proveedores:** Se consideran las empresas proveedores que estén desarrollando y vendiendo equipos, también empresas que solamente son canal de venta, empresas que prestan servicios y asesorías, en las áreas operacionales y de apoyo.

**ENAMI:** Es la empresa nacional de minería, la cual tiene como misión fomentar y desarrollar a la pequeña y mediana minería a través de sus políticas.

**CORFO:** Es el organismo ejecutor de las políticas gubernamentales en el ámbito del emprendimiento y la innovación, a través de herramientas e instrumentos.

No se consideraron más organismo o instituciones, lo cual incluso fue validado a través de las opiniones de los expertos.

### *iii. Dinámica del Modelo de innovación para la Pequeña Minería.*

Tomando los resultados de la evaluación de los modelos propuestos anteriormente, uno que busca generar la innovación en las empresas proveedoras de la minería, a través de un trabajo secuencial de su cultura de innovación y otro que busca generar innovación en la pequeña minería a partir de las unidades de empresas tecnológicas, sumado a las opiniones exploratorias con expertos, se derivará un nuevo modelo de innovación que permita articular a los diferentes actores para generar la transferencia de innovación a la pequeña minería.

Este nuevo modelo debe de tener las diferentes variables de innovación a nivel alto (cuadro 3), ya que en caso contrario al tener una variable débil (de nivel medio o bajo), podría hacer fracasar la eficiencia del propio modelo.



Cuadro 18: Modelo propuesto con las variables de innovación.

	ALTO
Receptor de la innovación	X
Cultura de Innovación	X
Generación de conocimiento	X
Inteligencia tecnológica	X
Sistema de Gestión de Innovación	X
Recurso	X
Estrategia de innovación	X
Constructor de la innovación	X
Transferencia	X

Fuente: Creación propia.

La debilidad de cualquiera de estas variables hace débil el desarrollo del modelo por ejemplo:

Si la transferencia de innovación es baja o media, eso significa que se estará desarrollando innovación que probablemente no llegue a sus receptores finales.

Si no existe un constructor de innovación, que a su vez tenga cultura de innovación, no se podría desarrollar innovaciones.

Si la inteligencia tecnológica es débil de nada sirve tener una cultura o una transferencia de innovación, ya que la detección de las necesidades de innovación a través de la inteligencia tecnológica será posiblemente errada, por el poco desarrollo de esta variable.

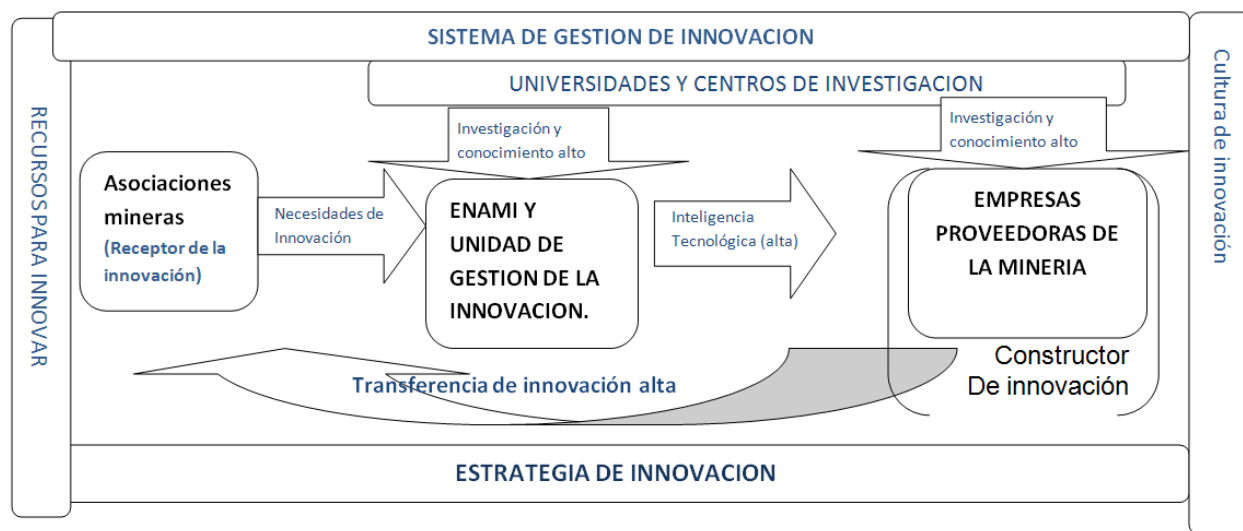
A juicio de los expertos las empresas proveedoras deberían de tener una mayor participación en la generación de la innovación, pero al mismo tiempo debe de existir un tránsito de inteligencia tecnológica, que no podría ser desarrollado por la empresa proveedora, porque sería una especie de juez y parte, pero tampoco podría ser desarrollado por las asociaciones mineras, ya que carecen del criterio técnico asociado para generar las respuestas necesarias respecto a que innovación sería la adecuada.

Por lo mismo ENAMI fue tomado como un actor válido para hacer el trabajo de identificación de las tecnologías e innovaciones necesarias a transferir en la pequeña minería, para esto se debería desarrollar una unidad de gestión de la innovación, enfocada en levantar las necesidades de innovación e identificar a un grupo de proveedores aptos para desarrollar la innovación.

El rol de las Universidades y centro de investigación, es generar investigación que permita crear conocimiento que sea interesante en el proceso inteligencia tecnológica, o bien que este conocimiento pueda servir en el proceso de desarrollo de la innovación por parte del proveedor.

Este modelo propone integrar también una estrategia de innovación para enfocar los esfuerzos de todos los actores, se deben de tener recursos tanto públicos y privados (Objetivo específico 3) y se debe de diseñar un sistema de gestión de innovación que permita hacer seguimiento a los diferentes proyectos de innovación desde un punto de vista técnico y de fomento.

Figura 12: Modelo de Innovación para la Pequeña Minería.



Fuente: Creación propia, validada por expertos.

#### iv. *Perspectivas del Modelo*

El Modelo Propuesto tiene 4 perspectivas que reflejan los diferentes enfoques y a su vez permite comprender mejor la integración del modelo desde un punto de vista estratégico. Las cuatro perspectivas son:

**DESAFIOS:** Es la perspectiva que genera el desarrollo conceptual del proyecto de innovación, e integra diferentes actores.

**EJECUCION:** Se refiere a la etapa que integra no tan solo el desarrollo conceptual, sino la generación de pruebas reales, el desarrollo escalamiento y de los prototipos necesarios, hasta la validación final de la nueva innovación.

**NEGOCIO:** Se refiere al momento en que la nueva innovación ha sido probada y se transfiere a la pequeña minería.

**CULTURA:** Se refiere a todo el proceso que integra las ideas, la ejecución y el negocio, a las diferentes organizaciones que integran este proceso, a todo el proceso organizacional e intraorganizacional, que impacta el cómo se desarrolla la gestión de estas organizaciones.

#### *v. Etapas del Modelo*

Estas perspectivas están a su vez integradas por diferentes etapas necesarias para identificar, desarrollar y transferir la innovación:

**Desafío:** Es la etapa que permite detectar los focos de innovación en las estructuras productivas de los yacimientos mineros.

**Conceptualización:** Es la etapa que define y caracteriza técnicamente, la solución que debe ser generada a través de un los proyectos de innovación.

**Verificación:** Es el desarrollo experimental, que permite validar que la solución de innovación es técnicamente viable.

**Validación:** Es la determinación de los criterios de diseños a una escala que es replicable a escala industrial, que permite replicar una operación industrial con muy bajo nivel de incertidumbre. Se desarrollan pruebas de escalamiento, que permite ir validando los perfiles de proyecto de innovación.

**Estandarización:** Se estandarizan los parámetros de diseño y operación y kpi, que permitirían una eventual producción en serie de la innovación.

**Implantación industrial:** Es la ejecución de un proyecto de inversión para incorporar la innovación a un proceso de la empresa, con sus correspondientes kpi.

**Puesta en marcha:** Se refiere a la instalación de la innovación en una operación industrial de la pequeña minería y su puesta a punto.

**Mantenición:** Seguimiento de la operación industrial, al mejoramiento continuo de la innovación.

**Transferencia:** verificada el desarrollo de la innovación, debe ser transferida a otras empresas mineras.

#### *vi. Relación entre perspectivas y Etapas de Innovación*

En la figura 13, que está a continuación se expone la integración del modelo entre las perspectivas y las etapas de innovación.

En la perspectiva de desafío está integrada por las etapas de desafío y conceptualización, la cual es desarrollada íntegramente por ENAMI y la Unidad de Gestión de la Innovación (U.G.I). En este proceso se desarrolla la identificación de las necesidades (levantamientos en terreno con las asociaciones mineras y la inteligencia tecnológica (identificación de posibles proveedores capaces de desarrollar la innovación), en ambas etapas pueden las universidades aportar con conocimiento e investigación.

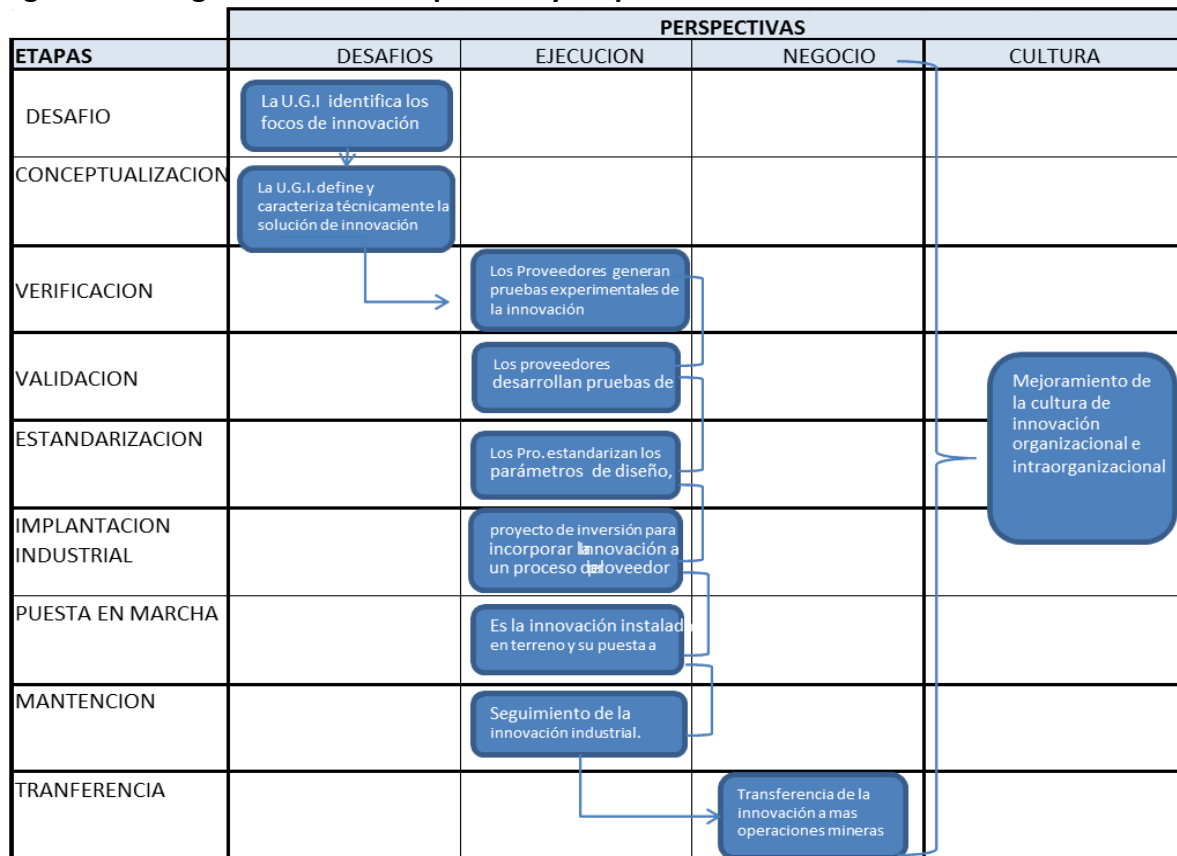
En la perspectiva de Ejecución se integran las etapas de verificación hasta mantención, todo esto es desarrollado por las empresas proveedoras, porque en este proceso es donde se crea y desarrolla la innovación. En esta etapa es fundamental que el proveedor tenga una cultura de innovación que le permita estar abierto a generar innovación, además es posible que el proveedor sea receptor de conocimiento e investigaciones por parte de Universidades y centros de investigación.

La perspectiva de negocio se refiere a la transferencia de la innovación desde la empresa proveedora hasta la pequeña minería.

La última perspectiva que es la cultura, representa todo este desarrollo donde se detecta la innovación y se crea integrando a diferentes agentes.

Este es un modelo que desarrollaría innovación a nivel de equipos y maquinarias: “Desarrollo”, “Extracción” y “Exploración y reservas geológicas”, pero que también generaría cambios e innovación a nivel “cultural organizacional”, ya que impactaría positivamente la asociatividad y el desarrollo de nuevas prácticas de los pequeños mineros.

**Figura 13: Integración entre Perspectivas y Etapas del Modelo de Innovación**



Fuente: Creación propia.

### 3. Incentivos para desarrollar el modelo de innovación

El desarrollo del modelo de innovación para la pequeña minería integra varios actores: las asociaciones mineras, la unidad de gestión de la innovación, ENAMI, las universidades y las empresas proveedoras. Dentro de lo anterior cada uno de estos agentes tiene incentivos para desarrollar innovación entendiendo que cada uno de los actores tiene un beneficio que puede capturar a partir del proceso de innovación. A continuación se exponen los incentivos desde el punto de vista técnico que tiene los actores en el modelo de innovación:

- **Asociaciones mineras:** El Desarrollo de innovaciones permitiría a los asociados, operar los yacimientos con mejores rendimientos operacionales que los actuales.
- **ENAMI:** El modelo le permitiría a esta institución poder operativizar el desarrollo de la innovación y cumplir con uno de sus lineamientos estratégicos en el área de fomento.

- **Unidad de Gestión de la innovación:** El incentivo para la unidad es desarrollar proyectos, casi de manera exclusiva con la pequeña minería, lo cual sería una ventaja para la implementación de futuros proyectos asociados a la pequeña minería.
- **Universidad:** Actualmente las universidades mineras tiene investigaciones a nivel de estudios de caso, el vincularse con el modelo de innovación, le permitiría pilotear investigaciones y también captar recursos en futuros proyectos de innovación, además de tener la participación en algún patentamiento de una innovación.
- **Empresas proveedoras:** El incentivo de las empresas proveedoras radica en desarrollar innovaciones, que pudiesen ser patentadas para generar valor económico a partir de las transferencias de las innovaciones a nivel de producto final.

#### a. Estrategia en el modelo de innovación para la pequeña minería

La formulación del modelo de innovación, representa en cierta medida una manera a través de la cual se puede operativizar la línea de fomento de ENAMI enfocada en la transferencia de innovación, lo anterior le da un peso estratégico al modelo, pero además es necesario formular una estrategia que permita fortalecer el desarrollo y funcionamiento del modelo de innovación. Para lo anterior es necesario considerar lo siguiente:

- Cualquier innovación que se desarrolle en la pequeña minería tendrá menos recursos que las innovaciones desarrolladas en la gran minería.
- Al ser las asociaciones de la pequeña minería carente de innovación, hipotéticamente desconocen estos parámetros, por lo anterior la idea es integrarlos a los proyectos y buscar que en una línea corta de tiempo se pueda desarrollar y operativizar las innovaciones.
- En la medida que los proyectos puedan mostrar resultados en un corto plazo, también generaran el interés de otros organismos como el Ministerio de Minería y de empresas proveedoras.
- La Unidad de Gestión de la innovación al ser el organismo que desarrolla la inteligencia tecnológica, debe estar bajo los lineamientos de ENAMI, pero puede ser perfectamente una unidad externa.

La estrategia en el modelo de innovación radicaría en poder identificar necesidades de innovación, que se pudiesen articular después en el desarrollo de innovaciones, pero entendiendo que las innovaciones para este segmento no deben de tardar mucho tiempo entre el levantamiento y el desarrollo de prototipos, ya que al pasar un tiempo excesivo se consumirían los recursos de los proyectos, además de la desconexión con las asociaciones mineras. Además al desarrollar proyectos y generar

impactos podría incentivar la entrada del ministerio de minería a través de algún nuevo instrumento, donde este modelo se pueda articular.

#### **4. Conclusión objetivo específico II**

El Modelo Propuesto valida la integración de actores: Asociaciones mineras, ENAMI y la unidad de Gestión de la Innovación, Empresas Proveedoras, Universidades y Centros de Investigación. El modelo propuesto rescata lo siguiente:

Del modelo de innovación participativa del “libro innovando contra la corriente”, presenta la capacidad de las empresas proveedoras de generar innovación tomando en consideración su cultura organizacional.

También rescata la inteligencia tecnológica propuesta en el Modelo desarrollado por el CIMM y la USACH el 2005.

Incorpora las visiones de los expertos en tecnología, ya que primero identificamos empresas innovadoras que si estaban innovando, lo cual significa un cambio cultural, además se integró la visión que las universidades si podían participar en la innovación a partir de generación de conocimiento, en las diferentes etapas del proceso de innovación.

Se tomó como usuario receptor de innovación a las asociaciones mineras, ya permite generar volumen de posible clientes para las empresas proveedoras, además las innovaciones permitirían generar mayores impactos ya que son operaciones que están ubicadas geográficamente muy cerca y que deberían de gozar de geologías similares, por tanto los métodos de explotación deberían ser similares y las innovaciones también deberían ser similares, por tanto permite estandarizar.

Si bien este modelo de innovación permite generar innovaciones en maquinarias, y equipos, dentro de diagnóstico esta la perspectiva de cultura organizacional, y la puesta en marcha de este modelo generaría esa innovación, primero porque tengo que asociar a los pequeños productores y en muchos casos si desarrollo nuevas innovaciones en equipos y maquinarias, también se deben generar nuevas prácticas, el proceso de este modelo generaría ese cambio en la cultura.

## VI. TERCER OBJETIVO ESPECÍFICO: FORMULACIÓN DE INSTRUMENTOS DE FOMENTO PARA LA INNOVACIÓN DE LA PEQUEÑA MINERÍA

### ¿Cómo aportan los instrumentos de fomento a la innovación?

De acuerdo con Benavente (2004), citado por Fernández (2009, p 8) las políticas de fomento a la innovación competitiva llevadas a cabo en diferentes países tiene ciertos tópicos comunes: Enfatiza la colaboración ejecutores (Universidades, empresas), estimulación de pymes, promoción de la empresarialidad, apoyo al desarrollo regional y promoción de la ciencia.

Para cumplir con dichos objetivos el Estado realiza su acción de fomento a través de una serie de instrumentos, que a nivel genérico, consisten en incentivos financieros directos o entregados a través de la prestación de un servicio”

El desarrollo del objetivo específico 3, busca formular instrumentos que fomente la innovación para la pequeña minería a partir del modelo formulado en el objetivo anterior. El objetivo 3 comenzara con una exposición de las necesidades de fomento de innovación derivadas del capítulo anterior, después se expondrán los instrumentos genéricos de fomento de la innovación desarrollados en investigaciones anteriores, complementando lo anterior se expondrán los instrumentos de fomento de innovación existentes en CHILE que podrían ser destinados a la pequeña minería.

Teniendo el marco referencial se propondrán instrumentos a las necesidades no cubiertas de fomento de innovación, como la modificación a algunos instrumentos ya existentes, pero que necesiten ajustes para mejorar su impacto y focalización en el fomento a la innovación de la pequeña minería.

### 1. Necesidades de Fomento de Innovación

Derivado del objetivo anterior, se infieren diferentes necesidades de fomento dentro del modelo de innovación, las cuales afectan a las asociaciones mineras, proveedores, universidades, etc. Estas necesidades son las siguientes:

**Necesidad de hacer inteligencia tecnológica:** Es necesario desarrollar un instrumento de fomento que pueda ser utilizado a nivel de consultoría para detectar las necesidades de innovación presentes en la pequeña minería, además es



necesario tener los recursos para identificar cuáles serían los posibles proveedores aptos para desarrollar la innovación y transferirla a la pequeña minería.

**Necesidad de investigación que genere conocimiento:** Es necesario fomentar la generación de investigación por parte de las universidades y centros de investigación, con el objetivo que esta investigación genere conocimiento que pueda ser aplicado en innovaciones de la pequeña minería.

**Necesidad de promover la cultura de innovación:** Se debe generar líneas de fomento que busquen desarrollar la cultura de innovación, no tan solo en las empresas proveedoras, sino también en las asociaciones mineras.

**Necesidades de Generar prototipos de innovación y escalamiento a nivel industrial (producto final):** Se debe fomentar el desarrollo de innovaciones hasta nivel de prototipo, el cual al ser exitoso debe desarrollarse a nivel industrial, generándose una innovación a nivel de producto final.

**Necesidad de Fomentar la transferencia de innovación:** Se debe generar un instrumento que permita la transferencia de estas innovaciones a las asociaciones mineras, y que sea adecuada a la escala de costos e ingresos de las operaciones.

Presentadas las necesidades de fomento de innovación, corresponde exponer los instrumentos presentes hoy en día.

## 2. Instrumentos de fomento de innovación minera.

### a. Instrumentos Genéricos de fomento a la innovación y el emprendimiento.

Una vez expuestas las necesidades de innovación, corresponde exponer los diferentes instrumentos de innovación que podrían ser ocupados para la pequeña minería, como primera parte se expone el cuadro 19, Expuesto por Fernández (2009, p 15), el cual fue desarrollado teniendo como base otras exposiciones desarrolladas por Weissbluth et al (2001), Benavente (2004) y Rivas (2005).

#### **Cuadro 19: Instrumentos genéricos de fomento a la innovación y el emprendimiento**

<b>Matching Grants</b>	Cofinanciamiento publico de proyectos innovadores con problemas de apropiabilidad, fundamentalmente en fases iniciales
<b>Consorcios Tecnológicos</b>	Unión de esfuerzos de investigación entre las firmas de alguna industria, con el objetivo de aprovechar las externalidades generadas del esfuerzo conjunto y disminuir los costos de transacción y aprovechar economías de escala
<b>Programas de exención tributaria</b>	Es un descuento del total de impuestos que debe pagar la empresa, equivalente al monto de la inversión en I + D o parte de ella. Busca dejar en manos de las empresas la decisión sobre que proyecto financiar
<b>Subsidios</b>	Entrega directa de recursos para financiar proyectos o partes de estos, relacionadas con inversiones innovativas
<b>Créditos Blandos</b>	Prestamos a tasas preferenciales para el financiamiento de proyectos innovadores o la importación de bienes de capital
<b>Servicios de apoyo</b>	Prestaciones como la asistencia técnica y la asesoría especializada realizada sin el cobro de un precio de mercado por la misma
<b>Programas de apoyo a capitales de riesgo</b>	Financiamiento no crediticia, que toma forma de fondo de inversión al cual puede acceder una empresa desde su inicio hasta su madurez. Busca facilitar el financiamiento de proyectos de alto rendimiento pero de elevado riesgo

Fuente: Estudio de caso “Fomento a la Innovación tecnológica en CHILE 1990-2005, página 15

## **b. Instrumentos actuales de fomento a la innovación minera.**

### ***i. Instrumentos CORFO<sup>20</sup>***

En la estructura organizacional de la CORFO esta la Gerencia de Innovación (Innova Chile), la cual tiene como mandato promover las acciones en materia de innovación, emprendimiento innovador y transferencia tecnológica. Entre sus objetivos está el apoyar el desarrollo de negocios que generen un alto impacto económico social, promover los valores de la innovación y facilitar el acceso a herramientas.

La CORFO tiene integrado dentro de su modelo de gestión el desarrollo de programas de transferencia de innovación, bajo lo anterior nombraremos y explicaremos brevemente los programas que pudiesen articularse en el mundo de la pequeña minería.

<sup>20</sup> <http://www.corfo.cl/programas-y-concursos>

**a) Gestión de Innovación en empresas Chilenas:** Es una línea de financiamiento que apoya el desarrollo de capacidades de gestión de innovación y que promueva una cultura.

**El apoyo que entrega:** El pago a una entidad experta por la asesoría en gestión de la innovación.

Pago de un sistema especializado para la innovación abierta, que es la contratación de un servicios de software que le permitirá a la organización hacer uso de una plataforma tecnológica que sistematice la innovación.

La CORFO entrega un cofinanciamiento 75% hasta un 65% dependiendo del nivel de ingresos de la empresa.

**b) Proyectos asociativos de Fomento PROFO:** Este programa busca asociar a lo menos a 3 empresas, que busquen generar una mejor competitividad, el nuevo proyecto debe de mejorar las capacidades técnicas.

**El apoyo que entrega:** Subsidia el 50% del valor aproximado en diagnóstico y desarrollo de un plan de trabajo.

**c) Fondo de exploración minera Fénix:** El objetivo es apoyar a la industria de la exploración y prospección minera. La CORFO entrega un crédito a largo plazo a pequeñas o medianas empresas enfocadas en exploración minera. Estas empresas no pueden tener un patrimonio superior a 200.000 UF.

**d) Programa de innovación empresarial de alta tecnología:** Este programa tiene por objetivo apoyar el desarrollo de proyectos de alta tecnología con alto potencial comercial. El apoyo se entrega en fases tempranas del proyecto con importante aporte de I + D, que busque acotar los riesgos con el desarrollo de prototipos, ensayos y pruebas y de esta manera logren apurar su entrada al mercado.

Este programa subsidia el 50% del proyecto con un tope de 750.000.000.

**e) Incentivo tributario a la inversión privada y a la investigación:** Este incentivo busca promover la inversión en investigación y desarrollo, permitiendo bajar vía impuesto (35%), de los recursos destinados a I + D, el 65 % restante puede considerarse gasto para producir renta.

**f) Prototipos de innovación Empresarial:** Este programa busca apoyar el desarrollo de proyecto de innovación, en sus etapas tempranas de pruebas y prototipos, con el

fin de que agreguen valor a la empresa a través de un modelo de negocio de alto impacto.

Este programa subsidia el 50% del proyecto con un tope 160.000.000 pesos.

**g) Valorización y protección de propiedad intelectual:** Este instrumento busca apoyar la valorización y protección de la propiedad intelectual, de resultados originados de proyectos de I+D, para facilitar su transferencia y comercialización.

El programa financia hasta un 80% del costo total del proceso con un tope de 15.000.000 de pesos.

**h) Empaquetamiento y transferencia de I+D:** Este instrumento tiene por objetivo el empaquetamiento tecnológico, la transferencia y comercialización de la innovación tecnológica y de los resultados derivados del I+D

El presente programa financia hasta un 70% con un tope de un 160.000.000 de pesos por proyecto.

**i) Aporte de los instrumentos CORFO al fomento de la innovación de la pequeña minería:** El instrumento CORFO de gestión de la innovación es un instrumento importante como aporte a la cultura de innovación, en su política original aporta hasta el 75% de costo, es posible de realizar por empresas proveedora, pero en el caso de la asociaciones de pequeña minería, ellos tiene la visión de ser prácticos y posiblemente podrían estar en la línea de la cultura de innovación siempre y cuando el aporte del fomento sea de un 100%, lo anterior entendiendo que la cultura de innovación se desarrolla antes que las propias innovaciones, por tanto las asociaciones mineras al no ver la innovación no estarán tan empoderados del proyecto .

El programa Prototipo de innovación empresarial, permitiría inicialmente a una empresa proveedora desarrollar prototipos iniciales de innovación, las limitantes por un lado financia solo hasta el 50% con topes máximos y la debilidad máxima es que no permite el escalamiento industrial, elemento básico dentro de la construcción de innovación, ya que permite disminuir los riesgos al momento de construir las innovaciones a escala industrial.

El instrumento de valorización y protección de la propiedad intelectual, permitiría trabajar a nivel preliminar sobre los derechos de patentamiento de aquellas empresas que desarrollen las innovaciones.

El instrumento de patentamiento y transferencia de I+D, permitiría a una empresa desarrollar el prototipo a escala comercializable, además del desarrollo de una estrategia en cuanto a la propiedad intelectual

El incentivo tributario a la investigación sería un elemento interesante a trabajar teniendo a las empresas proveedoras como base y utilizando la asesoría y generación de conocimiento por parte de las universidades y centros de investigación.

El fondo de exploración fénix promueve la exploración con créditos de largo plazo, sería interesante promoviendo innovación en exploración de la pequeña minería.

## *ii. INSTRUMENTOS DE ENAMI<sup>21</sup>*

Los instrumentos que tiene ENAMI dentro de su línea de fomento, están caracterizados por créditos de financiamiento y un programa de desarrollo de capacidades competitivas, a continuación se describe cada uno de los instrumentos:

- **CREDITOS**

**1) Crédito para el desarrollo y preparación de minas:** Es una línea crediticia que tiene por objetivo el financiamiento de los trabajos superficiales y subterráneos necesarios para permitir el acceso a los sectores mineralizados.

El monto máximo del crédito es US\$ 300.000.

**2) Crédito de emergencia:** Es una línea crediticia que tiene como única finalidad solucionar situaciones imprevistas originadas por catástrofes naturales.

El rango del crédito va hasta US\$ 25.000 si vende mineral y hasta US\$ 50.000 si vende productos (concentrados, etc.).

**3) Crédito para la operación:** Es una línea de crédito orientada a estabilizar los flujos de caja, financiar compra de equipos menores y otros insumos necesarios para asegurar la continuidad de la operación.

El rango del crédito va hasta US\$ 25.000 si vende mineral y hasta US\$ 50.000 si vende productos.

---

<sup>21</sup> <http://www.enami.cl/nuestra-labor/fomento.html>

**4) Crédito para inversiones:** es una línea de crédito orientada a financiar la adquisición y renovación de equipos, maquinarias productivas e innovaciones tecnológicas enfocadas en el negocio minero.

El beneficiario debe aportar a lo menos el 20% de la inversión total neta, ya sean en dinero efectivo o en otros bienes muebles asociados al proyecto.

- **PROGRAMA DE DESARROLLO DE CAPACIDADES COMPETITIVAS.**

**1) Fomento a la innovación:** apoyar a los pequeños mineros en la concreción de sus proyectos de innovación, colaborando en la formalización de los mismos, en la búsqueda de financiamiento. El monto máximo de aporte en la formulación es de US\$ 2.500 para proyectos individuales y de US\$ 20.000 para proyectos asociativos.

**2) Transferencia tecnológica:** Tiene por objeto apoyar a los pequeños mineros en la adopción de mejores prácticas en la operación y en la gestión a través de cumplimiento de normas y estándares internacionales.

**3) Capacitación:** Busca elevar la capacidad de los pequeños mineros en áreas técnicas de operación administración y gestión. Este programa tiene por finalidad fortalecer los procesos de certificación de competencias laborales.

- **APORTE DE LOS INSTRUMENTOS ENAMI AL FOMENTO DE LA INNOVACIÓN PEQUEÑA MINERÍA.**

**1) Créditos.**

Los créditos de Desarrollo y preparación de minas podrían ser ocupados para incorporar transferencias de innovaciones en tecnología de construcción o ingeniería de minería subterránea, principalmente en innovaciones vinculadas a las fortificaciones de los túneles de los yacimientos.

Los créditos para la operación, podría ser ocupados para adquirir nuevos equipos desarrollados a partir de los procesos de innovaciones.

**2) Programa de Desarrollo de Capacidades competitivas**

La transferencia tecnología hoy en ENAMI, se ha enfocado solamente en desarrollo de programas de capacitación, ya que el programa de fomento a la innovación se enfoca en formular proyectos de innovación a partir de propuestas presentadas por las asociaciones mineras o bien pequeños productores, los cuales no tienen las competencias técnicas para formular un proyecto de las características

mencionadas, lo anterior se valida porque el instrumento no ha sido requerido en años por las asociaciones mineras o los pequeños productores, probablemente no saben cómo ocuparlo.

### 3. Instrumentos a Proponer

Dentro del análisis de este estudio de caso se proponen desarrollar los siguientes instrumentos, entendiendo que actualmente la política pública no ha podido diseñar estos instrumentos.

#### **Se propone desarrollar los siguientes instrumentos:**

- **Instrumento de Fomento a la Inteligencia Tecnológica:** Este sería un instrumento liderado por ENAMI, enfocado en desarrollar a nivel de consultoría (U.G.I. = Unidad de Gestión de la Innovación) la inteligencia tecnológica necesaria para identificar las necesidades de innovaciones de las asociaciones mineras y los posibles proveedores capaces de desarrollar innovaciones para suplir esas necesidades. Es un instrumento que se ejecutaría por medio de licitación pública para organismos como consultorías, universidades o centros de investigación. El costo de este instrumento es 100% con aportes fiscales.
- **Instrumento de Fomento en investigación y conocimiento:** Este instrumento estaría enfocado en las universidades, a nivel de investigaciones de estudio de caso o tesis de magister o doctorado. La mecánica de este instrumento estaría por desarrollar un concurso público liderado por ENAMI y algunas empresas proveedoras, las cuales generarían una postulación de proyectos de tesis a nivel de Universidades sobre diferentes temas necesarios de investigar para la pequeña minería. Los proyectos mejor evaluados resultarían favorecidos con fondos para investigar. El costo de este instrumento es 50% con recursos fiscales y 50% de empresas proveedoras interesadas en desarrollar innovaciones y nuevos productos para la pequeña minería. Actualmente en la Universidad de Atacama se desarrolló un concurso donde postularon más de 100 proyectos, el objetivo es detectar perfiles de innovación en diferentes áreas a través de la línea 1 de CORFO, en el caso del instrumento propuesto sería una mecánica parecida pero solo enfocado en pequeña minería.
- **Instrumento de Fomento a la Estrategia de Innovación:** Este instrumento estaría enfocado en comunicar a las asociaciones mineras la importancia de la innovación como elemento estratégico de su desarrollo, lo anterior sería logrado a través de cursos y programas de intervención con las asociaciones con el

objetivo de encausarlos en la estrategia general de innovación. Este instrumento sería financiado 100% con los recursos de ENAMI.

#### 4. Resumen de los instrumentos de Innovación para la Pequeña Minería

En el siguiente cuadro se exponen los diferentes instrumentos de innovación para la pequeña minería: instrumentos que existen y se deberían de modificar y otros que necesariamente se deberían de crear para generar la innovación en la pequeña minería.

Cuadro 20: Instrumentos de innovación para la pequeña minería

Áreas de Fomento	Instrumentos CORFO	Instrumentos ENAMI	Instrumentos Nuevos
Desarrollar Inteligencia Tecnológica			Seria un instrumento desarrollado por ENAMI, utilizando consultorias para detectar necesidades y posibles proveedores de innovación, los receptores de la I.T. serian las asociaciones mineras y proveedores
Investigación y conocimiento			Seria un nuevo instrumento de ENAMI, a través de un concurso en las Universidades para generar investigación y conocimiento en los proveedores y las asociaciones mineras
Promover la Cultura de Innovación	La gestión de innovación, puede ser generada con los instrumentos CORFO, se recomienda 100% de subvención para las asociaciones mineras		
Generar prototipos de innovación y desarrollar escalamiento a nivel industrial, que permita desarrollar un producto final	Se recomienda desarrollar los prototipos con los instrumentos CORFO, donde el 50% del costo sea financiado por ENAMI y el 50% restante sea financiado vía CORFO		
	La valorización de la propiedad intelectual puede ser desarrollado por los instrumentos CORFO, con tope 15 millones de pesos		
	El desarrollo de la innovación tecnológica a nivel de producto final puede desarrollarse con el instrumento de transferencia y E. tecnológica de CORFO, con un aporte de hasta el 70% , se recomienda a ENAMI aportar un 15%		
Fomentar la Transferencia de innovación		Los créditos para la operación de ENAMI, pueden ser ocupados para adquirir innovaciones, a un plazo superior a 60 meses para amortizar la carga financiera	

Fuente: Creación Propia

##### a. La Sinergia de los instrumentos de gestión Pública generadores de innovación para la pequeña Minería.

La génesis de la innovación dentro de la pequeña minería radica en que las operaciones mineras están bastante condicionadas por el precio y en muchos casos hay productores que ante las fluctuaciones del precio literalmente tendría que salir del mercado y no seguir produciendo, afectando el empleo y productividad de lugares dependientes de la pequeña minería.



La necesidad por reducir costos y de poder desarrollar la ventaja competitiva por esta línea, justifica la existencia de la Unidad de gestión de la Innovación, que sería una entidad externa (Consultoras, Universidades o Centro de Investigación) dependiente de ENAMI. Esta unidad sería la encargada de ejecutar el instrumento de Inteligencia tecnológica. La U.G.I. Generaría un trabajo en terreno con el objetivo de identificar y categorizar las necesidades de innovación de la pequeña minería, se debería de trabajar con las asociaciones mineras, ya que los productores de estos grupos comparten la misma geología de los yacimientos y bajo lo anterior esto ayudaría a estandarizar las necesidades de innovación y generar economías de escalas al momentos de la transferencia de las innovaciones.

Una vez identificadas las necesidades corresponde determinar qué tipo posible de innovación se puede desarrollar, para lo anterior la U. G. I. debe identificar a través de un proceso a algún proveedor que tenga su funcionamiento en CHILE y que tenga la capacidad técnica de poder desarrollar la innovación.

Un proceso válido para seleccionar a un proveedor es analizar los tipos de productos desarrollados y compararlos con las innovaciones que se deberían de generar en la pequeña minería. Lo anterior es un criterio válido para discriminar que tipo de proveedores puede realmente desarrollar la innovación.

En virtud de la información levantada en el objetivo 2, se encontraron empresas que si podían innovar pero requerían de algunas investigaciones a nivel de laboratorio o más aplicadas. En este caso es donde debe operar el instrumento de investigación y conocimiento que vincula a la Universidad desarrollando su capacidad investigadora generando conocimiento, que pudiese ser incorporado en innovaciones desarrolladas por proveedores para la pequeña minería.

Además se debe de aplicar un instrumento que permita mejorar la cultura de innovación en las asociaciones mineras, ya que deberán integrar a la U.G.I. y permitir que puedan levantar información técnica en sus procesos productivos. Además este instrumento de cultura de innovación, también debe ser desarrollado en las empresas proveedoras para predisponerlas a desarrollar innovaciones a nuevos mercados antes no dimensionados. Este instrumento ya existe en la línea CORFO y para esta investigación se sugiere tener un 100% con recursos estatales para ser aplicado para las asociaciones mineras.

Una vez que la Unidad de Gestión de la innovación, desarrolle el proceso de inteligencia tecnológica, identificando al proveedor capaz de generar la innovación, debe de existir un informe técnico por parte de la U.G.I. que valide la pertinencia de la innovación y asegure contar con los recursos suficientes en el desarrollo de transferencias futuras de la innovación. Lo anterior porque este modelo de innovación

(Objetivo 2) literalmente inserta en un nuevo negocio a un proveedor que antes no estaba y por tanto debe de existir la información que permita al proveedor darle un sentido de negocio a esta innovación. La transferencia de innovaciones a la pequeña minería es política pública para ENAMI, pero para el proveedor es un negocio el cual debe de contar con la información necesaria para la toma de decisiones de inversión, y desarrollo de productos nuevos, etc.

Una de las formas de invitar al proveedor a desarrollar las innovaciones, es permitirle a través del instrumento CORFO generar prototipos a escala industrial, donde el 50% de los costos sean absorbidos por recursos estatales vía CORFO y el 50% del restante sea absorbido con los recursos de ENAMI. La manera de apalancar los costos de las inversiones en innovaciones en estos nuevos mercados, sería una garantía a que los nuevos proveedores exploren con nuevas apuestas tecnológicas en un mercado no antes explorado por ellos como es la pequeña minería.

El desarrollo de prototipos debe de incluir un periodo de un par de meses de prueba en las operaciones de la pequeña minería, lo anterior para monitorear los rendimientos de las nuevas tecnologías y sugerir ajustes si fuese necesario.

Al ser estos prototipos de innovación probados en terreno y validados sus rendimientos, pueden estar ya aptos para seguir con la siguiente etapa enfocada en desarrollar un producto final, para lo anterior es necesario valorizar la patente, para después desarrollar un proyecto con el instrumento CORFO de **“Empaquetamiento y transferencia de I+D”**, el cual permite desarrollar una innovación a escala de producto final, la cual debería de ser la innovación que debería de ser transferida a las asociaciones mineras

Una forma simple de hacer esta transferencia es utilizar el instrumento de líneas de créditos disponibles para ENAMI, para que adquieran estas nuevas innovaciones, las cuales les ayudarían a desarrollar de mejor manera sus operaciones.

Además ENAMI dentro de su política de fomento siempre ha sido un gestor de créditos a la pequeña minería y maneja parámetros de score financiero que le permite evaluar bajo riesgo acotado, el préstamo a un productor minero. Lo anterior sería una garantía que permite validar el pago por la innovación.

## **b. Instrumentos de innovación en la Pequeña Minería y su relación con la Política Pública Presente**

El desarrollo de la innovación de la pequeña minería, requiere una mirada multisectorial, donde la línea central sobre las necesidades e inteligencia tecnológica de las innovaciones es liderada por ENAMI y su política de fomento, esta mirada de desarrollo productivo, requiere del aporte experto aportada por la U. G. I, que actualmente no existe, pero que la presente investigación propone como medio para levantar las necesidades reales de innovación con los instrumentos de fomento.

La unidad de Gestión de la innovación, también es la encargada de hacer la línea de comunicación con los proveedores potenciales que puedan desarrollar la innovación. Por lo anterior esta unidad aporta toda la línea de gestión de la innovación, que actualmente la política de fomento de ENAMI, no ha podido desarrollar.

Actualmente ENAMI tampoco tiene desarrollada una línea investigativa con Universidades, la presente investigación también propone desarrollar un instrumento que fomente es perspectiva, entendiendo que la generación de conocimiento es clave en el desarrollo de innovación.

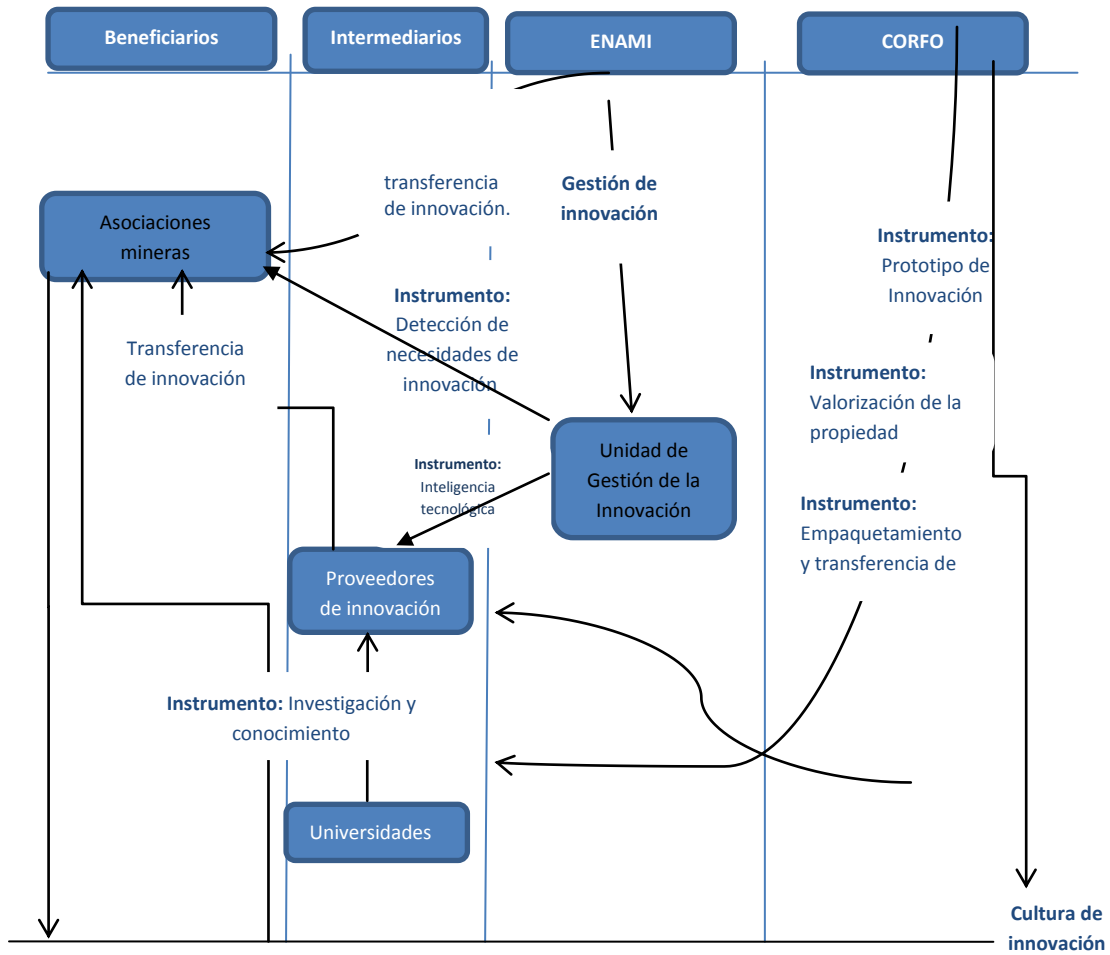
El desarrollo y construcción de las innovaciones dentro de la investigación sigue la línea de fomento de los instrumentos CORFO, principalmente del instrumento enfocado en el desarrollo de prototipos. En este caso se sugiere modificar que este instrumento sea apalancado un 50% con CORFO y que ENAMI aporte el 50% restante, además de desarrollar prototipos a escala industrial, para ajustarlo a la pequeña minería.

Una vez que los prototipos fueron probados con rendimientos óptimos, es necesario seguir con la línea CORFO de valorización y protección de la propiedad intelectual, con la cual se debería de valorizar económicamente el costo de patentamiento de la innovación.

Complementando el instrumento anterior es necesario, que la empresa proveedora pueda postular a la línea 4 de CORFO de **“Empaquetamiento y transferencia de I+D”**, la cual le permitiría desarrollar la innovación tecnológica a nivel de producto final, el cual también debe pasar por un periodo de pruebas y ajustes, para estar en condiciones óptimas de ser transferido a las asociaciones de pequeña minería. En este caso CORFO aporta el 70%, se propone que ENAMI aporte un 15% y la empresa proveedora aporte con el 15% restante.

En relación a la transferencia, esta puede ser generada con los mismos instrumentos de la política de fomento actual de ENAMI, enfocada en créditos mineros, solo que en esta oportunidad se focalizara en estas nuevas tecnologías aptas para desarrollar las operaciones minimizando los costos o mejorando la productividad, buscando con ello transferir capacidades técnicas que generen ventajas competitivas.

Figura 14: Flujo Instrumentos de Fomento de innovación en la pequeña minería



Fuente: Creación Propia.

## 5. Conclusión objetivo específico 3

El objetivo tres enfocado en formular los instrumentos de política Pública que generen innovación en la pequeña minería, arroja una reflexión importante caracterizada por el complemento en sus líneas de fomento de dos instituciones como son ENAMI y CORFO. Esto en algún momento se planteó dentro de ENAMI, pero jamás se le dio una estructura técnica y un análisis más fino para determinar la adecuada interrelación de las líneas de fomento de ambas instituciones.

Al ser la pequeña minería un segmento tan característico en términos históricos de algunos lugares de CHILE, no puede desenvolverse en una economía tan competitiva si no desarrolla innovaciones que le permitan sostener sus operaciones en momentos de precios bajos de los metales y al mismo tiempo desarrollar una mejor productividad de sus operaciones.

Estos instrumentos de Política Pública parten de una visión de abajo hacia arriba tomando en consideración inicial las necesidades de innovación de las asociaciones mineras, de donde se comienzan a hilvanar los diferentes instrumentos de política pública, el primero a través de la Unidad de Gestión de la Innovación, que es un cuerpo que complementa y daría precisión al trabajo de ENAMI, detectando las necesidades de innovación y desarrollando los procesos de inteligencia tecnológica necesarios para identificar a los proveedores que puedan desarrollar la innovación.

Transversalmente operaran dos instrumentos, el primero dependiente de ENAMI enfocado en investigación y conocimiento, a partir de las Universidades y su capacidad para generar investigación para los proveedores y las asociaciones mineras, tendientes a resolver alguna dificultad no antes investigada. El segundo instrumento sería el de cultura de innovación que es dependiente de CORFO y que se podría utilizar para las empresas proveedoras y las asociaciones mineras, buscando predisponer culturalmente a estas organizaciones para desarrollar innovaciones a futuro.

El cuarto instrumento es el de Prototipo de Innovación dependiente de las líneas de fomento CORFO, este instrumento le permitiría al proveedor seleccionado construir un prototipo de innovación a escala industrial, el cual sería probado también en terreno. Los proveedores desconocen el segmento de la pequeña minería, se recomienda como incentivo disponer de un 50% de recursos CORFO y 50% de recursos ENAMI para construir los prototipos para la pequeña minería.

El quinto instrumento de valorización y protección de la propiedad intelectual de CORFO, le permitiría a la empresa comenzar el proceso patentamiento de la innovación, elemento fundamental para resguardar la propiedad intelectual de la innovación desarrollada.

El sexto instrumento es “Empaquetamiento y transferencia de I+D” de CORFO, el cual permite terminar el patentamiento, además desarrollar una innovación a escala de producto final, la cual se pueda transferida adecuadamente a las asociaciones mineras. Para el presente instrumento CORFO aporta un 70%, se propone que ENAMI aporte el 15% y la empresa proveedora aporte el 15% restante.

El último instrumento es el de transferencia, el cual se puede articular a través de las líneas de crédito de ENAMI, las cuales han sido ocupadas por años en adquisiciones de equipos y maquinarias comunes, en este caso serían utilizadas para generar créditos a los pequeños mineros y estos, puedan adquirir equipos e innovaciones desarrolladas a la medida de la pequeña minería, que le permitan generar ventajas competitivas a largo plazo.

En este capítulo se entrelazan diferentes instrumentos de política pública, dependientes de instituciones como ENAMI y CORFO, buscando una manera de abordar la innovación interrelacionado a instituciones como Universidades, proveedores mineros y asociaciones mineras, además de la Unidad de Gestión de la Innovación.

## VII. CONCLUSION FINAL

La presente investigación busca destacar que la pequeña minería requiere de instrumentos que fomente la innovación, como forma de fortalecer la política pública que el ESTADO ha desarrollado por décadas para asistir técnica y financieramente a este sector productivo.

Como primer punto de vista se destacó la innovación y su aporte al mundo de la minería, también se caracterizó a los diferentes agentes individuales y sectoriales que interviene productivamente y políticamente en la minería nacional. A continuación se caracterizó a la pequeña minería su política de fomento y las problemáticas que enfrenta para poder mantenerse productivamente en un mercado tan dinámico como la minería.

Tomando en consideración esto último se destaca el rol de la innovación como forma de sostener productivamente a la pequeña minería, para obtener una ventaja competitiva en su línea de costos o productividad y sacarla de paradigma del precio final de los metales, el cual es una variable exógena y por tanto no controlable dentro del mercado.

Al destacar la innovación como piedra angular del desarrollo productivo de la pequeña minería, también se presentaron diferentes modelos de innovación que podían articular la innovación para la pequeña minería, entendiendo que este sector productivo es incapaz por sí mismo de crear sus innovaciones. Hecho el análisis de los modelos toma relevancia el modelo de innovación abierta el cual podría vincular a diferentes actores productivos para crear y transferir la innovación necesaria a la pequeña minería.

Realizado todo este análisis previo correspondió el desarrollo del primer objetivo específico el cual era Diagnosticar las áreas de necesidades de innovación para la pequeña minería, esta investigación se articuló con la siguiente metodología: Se revisaron 3 estudios anteriores, los cuales abordaban la necesidad de innovación en la pequeña minería, también se desarrolló un Delphi a 10 expertos de nacionales de investigación e innovación en minería, con el objetivo de consensuar los focos de innovación y por último se desarrolló un focus group a 8 productores de pequeña minería de la asociación de Diego de Almagro, que es una de las zonas de CHILE donde la pequeña minería está más enraizada en la cultura y en el desarrollo productivo local.

Al contrastar los tres enfoques desarrollados es decir las investigaciones anteriores, el Delphi a expertos y el focus group a pequeños mineros se detectó que existían consensos en las áreas de “Extracción”, “Exploración y reservas” y “cultura

organizacional”. Las investigaciones de campo del presente estudio evidenciaron la necesidad también de generar innovación en la perspectiva de “Desarrollo”. El tipo de innovaciones que se ajustan de mejor manera a la investigación, es el desarrollo de tecnología apropiada a la pequeña minería.

El segundo objetivo específico enfocado en “Formular un Modelo de innovación para la pequeña minería tomo como punto inicial, el resultado del primer objetivo específico, el cual fue analizado por 6 expertos, algunos de los cuales lideran áreas de innovación de empresas proveedoras y otros expertos se desarrollan en las áreas de investigación y estudios de centros mineros. El trabajo desarrollado con los expertos fue definir inicialmente las variables que integran un modelo de innovación y contrastar estas variables con dos modelos de innovación formulados en la minería nacional el primero “Un modelo de innovación participativa”, que nace de las experiencias de empresas proveedoras de la minería y el segundo modelo es propuesto por el CIMM, el cual integra actores del mundo investigativo y también de empresas proveedoras.

El anterior análisis permitió definir un modelo de innovación para la pequeña minería, el cual tendría como eje central una unidad de gestión de la innovación, que sería una unidad externa dependiente de ENAMI, la cual sería la encargada de detectar las necesidades de innovación en las asociaciones de pequeña minería, para después detectar los posibles proveedores que pudiesen desarrollar las innovaciones a nivel de tecnologías de prototipo y después a nivel de tecnologías finales. Este modelo también incorporaría a las universidades que serían las encargadas de generar investigación, necesaria para la unidad de gestión de la innovación o bien para las mismas empresas proveedoras. El modelo formulado es un modelo que integra a diferentes actores que permiten la generación de la innovación para la pequeña minería, es un modelo que busca la idea de un modelo de innovación abierta.

Una vez definido este modelo, correspondió formular los instrumentos de fomento para la innovación en la pequeña minería, donde se destaca la creación de la unidad de gestión de la innovación, como eje articulador de la innovación. Además está el instrumento de investigación y conocimiento, enfocado en promover el aporte de la universidad en investigación para la pequeña minería, paralelamente a este instrumento destacamos el instrumento ya existente de cultura de innovación dependiente de las líneas CORFO, enfocado en disponer a las empresas proveedoras bajo un enfoque de generación constante de innovaciones.

El siguiente instrumento de prototipo de innovación, actualmente ya existe es de CORFO y en este caso debería ser utilizando por las empresas proveedoras para construir las innovaciones tecnológicas a nivel de prototipo que le permitirían a la pequeña minería operar reduciendo sus costos o bien mejorando sus niveles de productividad, actualmente CORFO aporta el 50% de los costos de inversión de los



prototipos, para efectos de la investigación se propone que ENAMI, aporte el 50% restante como forma de apalancar el riesgo que el proveedor inicialmente podría tener en este nuevo negocio.

Al instrumento expuesto anteriormente, se deben sumar el instrumento de valorización y protección de la propiedad intelectual, el cual debería de dimensionar económicamente el resguardo de la patente de la nueva innovación, además de comenzar el proceso de patentamiento.

El último instrumento CORFO se refiere al “Empaquetamiento y transferencia de I +D”, a través del cual se termina el proceso de patentamiento, además de construir la innovación a escala de producto final. La política de fomento establece que CORFO aporta el 70% de los costos totales, para efecto de la investigación se propone que ENAMI aporte un 15% y que el 15% restante sea aportado por la empresa proveedora que desarrolle la innovación.

ENAMI dispone de mecanismos de crédito para adquisición de equipo, en este caso se buscaría enfocar este instrumento en financiar las innovaciones que desarrollarían los proveedores.

Como análisis final se puede evidenciar que es necesario generar la innovación como forma de sostenimiento productivo de la pequeña minería, lo anterior puede ser posible a través de la articulación de diferentes actores como ENAMI, las universidades, empresas proveedoras y la disposición de las asociaciones mineras. Esta integración requiere el aporte de instrumento de fomento que permitan minimizar los riesgos a los proveedores al momento de tomar la decisión de entrar en este mercado.

La reflexión final es cambiar el enfoque productivo de la pequeña minería que busca, la sustentación en el valor del precio y girarla en entender que debe mejorar su capacidad instalada a través de innovaciones que le permitan ser más competitivos en un mercado tan dinámico y rápido como la minería.

## VIII. GLOSARIO (Resumen del manual de minería en CHILE)

**Análisis geoquímico.** Análisis de laboratorio que tiene por objeto hallar la composición química de las muestras de roca extraídas en los sondajes.

**Áreas naturales protegidas.** Son espacios continentales y/o marinos del territorio nacional, reconocidos, establecidos y protegidos legalmente por el Estado como tales, debido a su importancia para la conservación de la diversidad biológica y otros valores de interés cultural, paisajístico y científico.

**Botaderos de estériles.** Depósitos de material que prácticamente no contiene cobre u otro mineral recuperable.

**Catastro minero.** Documento cartográfico de las áreas que son objeto de Títulos Mineros o solicitudes para explorar o explotar minerales.

**Cátodos.** Placas metálicas de acero inoxidable o cobre puro que se instalan en la celda electrolítica, por las cuales sale la corriente eléctrica. El cátodo tiene carga negativa y, por tanto, atrae a los cationes de cobre que son iones de carga positiva. En el caso de la electro-refinación, los cátodos iniciales son delgadas láminas de cobre de alta pureza que quedan formando parte del producto. En el caso de la electro-obtención, los cátodos utilizados son de acero inoxidable, los que permiten el depósito del cobre en sus caras, el cual es despegado posteriormente, dejando el cátodo en condiciones de ser utilizado nuevamente.

**Cierres progresivos.** Acciones de rehabilitación que el titular de la actividad minera va efectuando simultáneamente al desarrollo de su actividad productiva, de acuerdo al cronograma y condiciones establecidos en el plan de cierre de minas aprobado y ejecutado bajo supervisión de la autoridad minera.

**Concentrado.** Producto intermedio fino y en forma de polvo, resultante del proceso de molienda, formado por la separación de un metal valioso del desperdicio.

**Concesión minera.** Es un acto administrativo por el cual el Estado otorga a su titular el derecho a la exploración y explotación de las sustancias minerales concesibles que se encuentran en un área definida.

**Chancado.** Proceso mediante el cual se disminuye el tamaño de las rocas mineralizadas, triturándolas en chancadoras y molinos. El material extraído pasa por tres tipos de chancadoras (chancador primario, secundario y terciario) hasta llegar a tamaños de menos de ½ pulgada.

**Desecho.** Cualquier sustancia que no tiene valor ni utilidad.

**Electro-obtención (electrowinning).** Proceso electrometalúrgico que se realiza en celdas electrolíticas, donde se disponen alternadamente un ánodo (placa de plomo o de acero inoxidable) y cátodos (placa de acero inoxidable) dentro de la solución electrolítica previamente concentrada. Las placas metálicas están conectadas formando un circuito en que la corriente entra por los ánodos (polo positivo), viaja a través del electrolito y sale por los cátodos. El proceso se realiza mediante la aplicación de una corriente eléctrica de baja intensidad, la cual provoca que el cobre sea atraído hacia el cátodo y se deposite sobre este con una pureza de 99,99% cobre.

**Electro-refinación.** Este proceso se lleva a cabo en las celdas electrolíticas en donde se ponen alternadamente un ánodo (lingotes de cobre impuro obtenido por fundición) y un cátodo de cobre puro en una solución de ácido sulfúrico. A esta instalación se le aplica una corriente eléctrica continua de baja intensidad, que hace que se disuelva el cobre del ánodo y se deposite en el cátodo inicial, lográndose cátodos de 99,97% de pureza mínima.

**Estéril.** Se refiere a material que no tiene cobre u otro mineral recuperable.

**Gravimetría.** Este es un método muy importante en la búsqueda de depósitos minerales, aprovechando las diferencias de la gravedad que se pueden registrar en distintos sectores. Grandes cuerpos mineralizados pueden aumentar la gravitación en una región determinada porque las rocas de mayor densidad aumentan la aceleración.

**Ley del mineral.** Concentración del mineral presente en las rocas de un yacimiento.

**Lixiviación.** Proceso por el cual -basándose en el principio de que los minerales oxidados son sensibles al ataque de soluciones ácidas- se aplica una sustancia de este tipo al material triturado, que viene del chancado. Este material, que se encuentra en las pilas de lixiviación, es regado (con aspersores o goteo) por unos 50 días con una disolución de ácido sulfúrico y agua, formándose una mezcla homogénea que, para el caso del tratamiento del cobre, corresponde al sulfato de cobre.

**Manifestación.** Es el escrito con el que se inician los trámites ante el juez para la solicitud de una concesión de explotación o pertenencia.

**Mineral.** Es una sustancia natural que se encuentra en la corteza sólida de la tierra, que tiene una composición química determinada y una serie de propiedades físicas igualmente determinadas.

**Minerales oxidados.** Se refiere a los óxidos de cobre, que es una de las formas en la que se encuentra el cobre en la naturaleza. En minería, se utiliza este término para referirse a todos los minerales derivados del proceso de oxidación de un yacimiento, es decir, el ataque del mineral por parte del oxígeno proveniente de la atmósfera bajo la forma de fluidos oxidantes (agua, aire). Por esta razón, estos minerales se forman cerca de la superficie.

**Minerales sulfurados.** Se refiere a un mineral que tiene cobre en forma de sulfuros. Los sulfuros son minerales constituidos por el enlace entre el azufre y elementos metálicos, tales como el cobre, hierro, plomo y zinc.

**Planta de procesos.** Se refiere a todas las instalaciones industriales en que se realizan los procesos de beneficio de mineral para la extracción del cobre. Cada área también es nombrada como planta, por ejemplo, planta de chancado, planta de secado, etc.

**Relaves.** Material de desecho producto de procesos mineros y concentración de minerales, luego de que se haya extraído la mayor parte de los minerales valiosos.

**Roca residual.** Roca estéril o mineralizada de grado demasiado bajo para ser procesada de manera rentable.

**Tranque de relaves.** El agua que se ha utilizado en el proceso de concentración de cobre y, en general, en todo el proceso productivo, no puede ser vertida a las corrientes naturales, porque tiene contaminantes. Esta agua industrial se lleva a los tranques de relave, donde lentamente los contaminantes se van depositando en el fondo y el agua se va limpiando, hasta hacerla utilizable por los seres vivos.

**Yacimiento.** Depósitos o acumulaciones de especies con contenido valioso que se han formado sobre la tierra durante millones de años, bajo condiciones especiales.

## IX. Referencias Bibliográficas

- Abarzua, Contreras, Valle (2010). “Innovando contra la corriente: 3 empresas proveedoras de la minería construyen capacidades de innovar” 2010.
- Alvares, Alonso (2010). Artículo electrónico “La innovación abierta “ (2010).
- Anuario de la Minería de Chile (2011). SERNAGEOMIN
- Amira (2008), Innovación Tecnológica en la pequeña y mediana minería. Seminario SONAMI Agosto 2008
- Arancibia, Donoso, Venegas (2007) “Medición de la cultura de innovación en la minería de mediana escala” CIMM y facultad de Ingeniería Universidad Diego Portales (2007).
- Bongiorno, Gazona. (1997) Tesis “Diagnóstico actual y futuro de la pequeña minería en la provincia de Tocopilla”. Universidad de Antofagasta 1997
- Duran. Apunte (1886) “Método Delphi”. Cátedra: Métodos y técnicas de investigación social. Biblioteca de la Escuela de Administración pública, de la Universidad de Chile.
- ENAMI (2005). Dificultades de la pequeña minería. Primer encuentro de minería Chileno –Mexicano, 2005
- Fernández (2009) Estudio de caso “Fomento a la innovación tecnológica en CHILE”. 2009 Magister en gestión y políticas públicas, Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Chile
- Fontecilla y Muñoz (2005). Desarrollo de tecnología para la pequeña y mediana minería. CIMM y USACH (2005)
- León (2007). Artículo electrónico “Gestión de la innovación en el mundo empresarial del siglo XXI” (2007)
- Manual informativo sobre la minería en Chile. Ministerio de Minería y Gobierno de Canadá, diciembre 2011.

- Memoria anual ENAMI, año 2010 Páginas 12-15.
- Política de Fomento de la pequeña y mediana minería, decreto 76, promulgada el 24 de julio del 2003.
- Pérez Oportus (2009). Con buenos yacimientos no alcanza, la evolución de la productividad laboral en CHILE. COCHILCO.
- Tanaka (2005). Manual Oslo “Guía para la recogida e interpretación de datos para la innovación” Tercera edición. Comunidad Europea.
- Vives Navarro (2005). Reseña de la innovación tecnológica en la minería del cobre “El caso CODELCO”. COCHILCO.

## X. ANEXO 1: PREGUNTAS DELPHI

- ¿En la perspectiva Desarrollo, que nivel de innovación se requiere desarrollar en la pequeña minería, en lo que se refiere a Tecnologías de Construcción?
- ¿En la perspectiva Desarrollo, que nivel de innovación se requiere desarrollar en la pequeña minería, en lo que se refiere a Ingeniería en Minería Subterránea?
- ¿En la perspectiva Extracción, que nivel de innovación se requiere desarrollar en la pequeña minería, en lo que se refiere a Automatización?
- ¿En la perspectiva Extracción, que nivel de innovación se requiere desarrollar en la pequeña minería, en lo que se refiere a Ingeniería de Corto y Largo plazo?
- ¿En la perspectiva Extracción, que nivel de innovación se requiere desarrollar en la pequeña minería, en lo que se refiere a Mantenimiento de Equipos?
- ¿En la perspectiva Procesamiento, que nivel de innovación se requiere desarrollar en la pequeña minería, en lo que se refiere a Automatización de procesos?
- ¿En la perspectiva Procesamiento, que nivel de innovación se requiere desarrollar en la pequeña minería, en lo que se refiere a lixiviación de concentrados?
- ¿En la perspectiva Procesamiento, que nivel de innovación se requiere desarrollar en la pequeña minería, en lo que se refiere a Biolixiviación?
- ¿En la perspectiva Cultura Organizacional, que nivel de innovación se requiere desarrollar en la pequeña minería, en lo que se refiere a Desarrollo de nuevas prácticas?
- ¿En la perspectiva Cultura Organizacional, que nivel de innovación se requiere desarrollar en la pequeña minería, en lo que se refiere a Asociatividad?
- ¿En la perspectiva Exploración y Reservas Geológicas, que nivel de innovación se requiere desarrollar en la pequeña minería, en lo que se refiere a Tecnologías de Caracterización de Yacimientos?
- ¿En la perspectiva Sustentabilidad, que nivel de innovación se requiere desarrollar en la pequeña minería, en lo que se refiere a Eficiencia Energética?
- ¿En la perspectiva Sustentabilidad, que nivel de innovación se requiere desarrollar en la pequeña minería, en lo que se refiere a Uso de Energías Renovables no convencionales?
- ¿En la perspectiva Sustentabilidad, que nivel de innovación se requiere desarrollar en la pequeña minería, en lo que se refiere a Eficiencia Hídrica?