



Insumo para la Política Nacional Minera 2050 (PNM2050)

Propuesta de la Mesa Técnica 5: Innovación y Cadenas de Valor
5 impulsos estratégicos para fortalecer la innovación y los encadenamientos productivo-tecnológicos del sector geo-minero-metalúrgico chileno

Coordinador: Osvaldo Urzúa

Este documento presenta propuestas de componentes críticas que deben abordarse en la futura Política Nacional Minera 2050 para que la innovación y el fortalecimiento de los encadenamientos de proveedores sean impulsados como elementos centrales para el desarrollo de un sector geo-minero-metalúrgico competitivo y sostenible e impulsor del desarrollo nacional en términos más amplios. Este trabajo se desarrolló durante el segundo semestre de 2020 y contó con la contribución de 43 expertos del sector que trabajaron en 7 sesiones plenarias, en más de 10 sesiones de trabajo en equipos más pequeños para abordar temas específicos y en trabajo individuales de revisión y preparación de documentos.

Diciembre 2020

Contenido	Página
I. La formulación de la PNM 2050 y el rol de las mesas técnicas	3
II. Resumen ejecutivo	5
III. Objetivos estratégicos del eje de innovación y cadenas de valor	11
IV. Objetivos e Indicadores de la Política Nacional Minera 2050 (PNM2050)	16
V. Impulsos estratégicos	20
Impulso 1: Desarrollo de un ecosistema de innovación intensivo en conocimiento para una minería virtuosa, inclusiva y sostenible y apoyo a la internacionalización de proveedores.	21
Impulso 2: Fortalecer el sistema de financiamiento la investigación, desarrollo e innovación en el ecosistema minero chileno.	33
Impulso 3: Atracción y promoción de inversiones para un crecimiento innovador y sostenible que genere desarrollo local.	41
Impulso 4: Procesamiento de minerales y desarrollo metalúrgico para una minería que recicla y baja su huella de carbono.	47
Impulso 5: Desarrollo de una pequeña y mediana minería tecnológica y de una minería secundaria que dinamicen el ciclo de innovación.	50
Elementos de gobernanza y otros aspectos críticos	56
Tablas, gráficos y diagramas	
Tabla 1: Mesas Técnicas para la definición de contenidos de la PNM2050	4
Figura 1: Cadena de valor minero-metalúrgica y sus encadenamientos de proveedores	11
Figura 2: Mapa de criterios para la definición de objetivos estratégicos	15
Recuadro 1: Objetivo Estratégico 1	12
Recuadro 2: Objetivo Estratégico 2	14
Tabla 2: Objetivos e Indicadores Principales de la PNM2050 (Versión Borrador)	16
ANEXOS	
Anexo 1: Integrantes Mesa Técnica Innovación y Cadenas de Valor	58
Anexo 2: Propuesta de indicadores para la PNM2050, metas y responsables	59
Anexo 3: Preguntas de verificación de principios definidos por la mesa técnica	66
Anexo 4: Desafíos, iniciativas y líneas de acción identificadas en los diálogos regionales	69
Anexo 5: Mecanismos de Financiamiento a la I+D+i: análisis comparado	72

I. La formulación de la PNM 2050 y el rol de las mesas técnicas

La elaboración de la Política Nacional Minera 2050 (PNM2050) se inició en 2019 con la identificación de desafíos económicos, sociales, ambientales y de gobernanza que debe abordar la minería chilena para fortalecer su competitividad e impulsar el desarrollo sostenible del país. A partir de este esfuerzo, se definieron nueve (9) Ejes Temáticos (Ver Tabla 1) cuyos contenidos específicos fueron propuestos por nueve (9) Mesas Técnicas que operaron de manera simultánea durante el segundo semestre de 2020. Este documento presenta las propuestas de la Mesa Técnica Innovación y Cadenas de Valor organizadas bajo cinco (5) Impulsos Estratégicos.

Las propuestas de las 9 Mesas Técnicas junto a diálogos territoriales que fueron desarrollados en forma paralela deben ser integrados de forma coherente en la PNM2050. Adicionalmente, la formulación de la PNM2050 será sometida a una Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) para asegurar una integración de las dimensiones de la sostenibilidad y un proceso de diálogo y participación apropiados.

En este documento se proponen:

- i) Objetivos Estratégicos del Eje Temático Innovación y Cadenas de Valor que determinan su marco de acción.
- ii) Un conjunto de objetivos e indicadores de la PNM2050¹, necesarios para establecer metas al año 2025, 2030 y 2050. Estos objetivos e indicadores entregan una mirada integral del desempeño del sector geo-minero-metalúrgico dando cuenta del impacto en todas las dimensiones de la sostenibilidad – económica, social, ambiental y gobernanza.

Los indicadores de la PNM2050 son utilizados para verificar la coherencia entre las acciones propuestas por esta Mesa y los objetivos de esta Política.

- iii) Cinco (5) Impulsos Estratégicos, que corresponden a áreas fundamentales de trabajo del Eje de Innovación y Cadenas de Valor. Cada Impulso Estratégico es descrito a través de: (i) Entregar un diagnóstico general de algún ámbito considerado fundamental para fortalecer los encadenamientos productivos-tecnológicos y las capacidades de innovación del sector geo-minero-metalúrgico; (ii) Objetivos generales y metas específicas del Impulso; y (iii) Descripción de los componentes centrales del Impulso

Debido a las restricciones de recursos y tiempo hay algunos Impulsos Estratégicos que no fueron abordados en este trabajo. Sin embargo, debido a la importancia de estos Impulsos, se recomienda incorporados a la PNM2050 tan pronto sea posible:

Entre estos Impulsos se destacan:

- (1) Desarrollo de Codelco para liderar el tránsito hacia la minería del Siglo XXI.
- (2) Desarrollo sostenible de la industria del litio y sus encadenamientos.
- (3) Aprovechar el potencial polimetálico de Chile.
- (4) Desarrollo de un sistema de monitoreo y evaluación independiente de la PNM2050

¹ Los objetivos e indicadores de la PNM2050 usados en este documento son una propuesta desarrollada por esta Mesa y son un borrador que fue usado para verificar la coherencia entre las acciones propuestas y la Política. Estos objetivos deben ser validados por las otras mesas y por el equipo que desarrolle la PNM2050.

Tabla 1: Mesas Técnicas para la definición de contenidos de la PNM2050

	<ul style="list-style-type: none">• Eje 1: Institucionalidad y desarrollo minero• Eje 2: Desarrollo territorial y participación ciudadana• Eje 3: Relaciones laborales integrales y equidad de género• Eje 4: Productividad y capital humano
► Este Grupo	<ul style="list-style-type: none">• Eje 5: Innovación y cadenas de valor geo-minero-metalúrgicas• Eje 6: Impuestos e inversión pública• Eje 7: Minería verde• Eje 8: Pequeña y mediana minería• Eje 9: Pueblos indígenas

En la siguiente sección se presenta el Resumen Ejecutivo de la propuesta preparada por la Mesa de Innovación y Cadenas de Valor, cuyo propósito es mostrar de manera sintética las oportunidades y desafíos que enfrenta el país de la mano de su sector geo-minero-metalúrgico e indicar cinco (5) Impulsos Estratégicos que se proponen sean incorporados en la Política Minera para aprovechar las oportunidades y hacer enfrentar los desafíos.

Luego, en la Sección III, se presentan los dos (2) Objetivos Estratégicos del Eje de Innovación y Cadenas de Valor. Se indican los criterios utilizados para definir estos objetivos, destacándose el rol de la etapa de inversión para impulsar las innovaciones y la importancia de fortalecer los encadenamientos de proveedores para aprovechar el potencial de desarrollo si este proceso se orquesta en torno a misiones estratégicas fundamentales para la competitividad y viabilidad del sector. Históricamente, estos dos elementos han estado pobremente abordados en las políticas y desarrollo institucional del sector.

La Sección IV presenta los objetivos e indicadores de la PNM2050. Se desarrolló una propuesta de estos objetivos² con el propósito de verificar la coherencia entre los Impulso Estratégicos y los objetivos de la Política, es decir, permiten verificar que los Impulsos Estratégicos aportan al desarrollo de la Política

Finalmente, la Sección V presenta en más detalle los 5 Impulsos Estratégicos. Para cada impulso se parte presentando un diagnóstico como base para justificar su implementación y luego se presentan los objetivos generales y metas específicas del Impulso. Finalmente se presentan las componentes centrales de cada Impulso, que corresponden al conjunto de acciones que deben ser implementadas coordinadamente para abordar la problemática asociada al Impulso. Cada Impulso está asociada a un sistema complejo que requiere de una aproximación sistémica, lo cual es representado tanto la necesidad de la acción coordinada entre distintos componentes de cada Impulso y entre los cinco (5) Impulso Estratégicos

² Estos objetivos deben ser validados por las otras mesas, lo que escapa al alcance de este trabajo.

II. Resumen ejecutivo

"Chile, líder global en producción de minerales y soluciones para una economía sostenible"

Las proyecciones de la demanda de cobre y otros minerales son auspiciosas, una economía verde y baja en carbono requiere de más minerales, los cuales evidentemente deben ser producidos de acuerdo con los estándares sociales y ambientales del Siglo XXI. Se necesita una minería de bajo impacto y que, aprovechando la actual revolución tecnológica, impulse un desarrollo sostenible e incluso de las economías mineras y de los territorios donde esta se emplaza.

Para Chile, este desafío es una oportunidad única de desarrollo sostenible, aunque transitoria. El fortalecimiento de la competitividad del sector geo-minero-metalúrgico impulsado por mayores capacidades de innovación, encadenamientos productivos y tecnológicos más profundos y mejoras en el desempeño socioambiental le permitiría al país liderar la producción de minerales verdes y participar activamente en la generación de las soluciones que ello requiere, que, además, son crecientemente demandadas por un mundo que exige sistemas productivos más sostenible.

El país no solo puede desarrollar las capacidades para contar con una minería con una baja huella de carbono y productiva, este mismo esfuerzo permitiría impulsar el desarrollo de sectores altamente dinámicos que son fundamentales para crecer sosteniblemente y generar empleo de calidad. Esto requiere de importantes esfuerzos, individuales y colectivos, y Políticas Públicas para impulsar proactivamente y con una visión de largo plazo el abordaje de un conjunto de desafíos o misiones estratégicas orquestadoras de un proceso de creación de valor colectivo que, aprovechando la escala y sofisticación del sector, transforme a la economía nacional en términos más amplios.

Este informe propone cinco (5) Impulsos Estratégicos considerados fundamentales y que deberían ser parte de la Política Nacional Minera 2050 (PNM2050):

- **Impulso 1:** Desarrollo de un ecosistema de innovación intensivo en conocimiento para una minería virtuosa, inclusiva y sostenible y apoyo a la internacionalización de proveedores.
- **Impulso 2:** Fortalecer el sistema de financiamiento a la investigación, desarrollo e innovación en el ecosistema minero chileno.
- **Impulso 3:** Atracción y promoción de inversiones para un crecimiento innovador y sostenible que genere desarrollo local.
- **Impulso 4:** Procesamiento de minerales y desarrollo metalúrgico para una minería que recicla y baja su huella de carbono.
- **Impulso 5:** Desarrollo de una pequeña y mediana minería tecnológica y de una minería secundaria que dinamicen el ciclo de innovación.

Ahora es el momento de impulsar un agresivo proceso de inversión que, junto con ser reactivador, construya las capacidades necesarias para meterse de lleno en el mundo verde, circular, inclusivo y tecnológico que ya llegó. Lo que está en juego es lograr insertarse en el Siglo XXI como líder en minería verde de alta productividad y generador de soluciones tecnológicas para ello.

El rol del Estado es insustituible, debe dar direccionalidad, facilitar un diálogo de calidad entre empresas, comunidades y la sociedad y proactivamente atraer inversión sostenible – verde, inclusiva, tecnológica y circular – para que el país lidere la producción de minerales bajos en carbono, junto con participar activamente en la generación de nuevas soluciones que aprovechan los avances tecnológicos y que amplían la base exportadora de Chile.

Hasta ahora, la Política Pública ha sido pasiva y la institucionalidad minera ha mostrado un compromiso discontinuo con la innovación y el fortalecimiento de los encadenamientos productivo-tecnológicos nacionales, elemento fundamental para aprovechar la oportunidad de desarrollo sostenible que nos presenta nuestra minería. Esta es probablemente la mejor opción que tiene el país para dar un salto hacia un desarrollo sostenible y que no estará ahí por siempre.

Contexto

- El crecimiento del sector minero es resultado de significativas inversiones, primero para expandir y luego para mantener los niveles de producción, lo que ha permitido al país posicionarse como líder en la producción minera de gran escala, principalmente cobre. Esto ha tenido un importante efecto multiplicador en el producto y empleo del resto de la economía, Chile se ha desarrollado de la mano de su minería.
- Sin embargo, el dinamismo del sector ha ido perdiendo fuerza y junto al bajo crecimiento de la productividad, la capacidad de crecer de la economía chilena también se ha debilitado.
- Las fuerzas que impulsaron el crecimiento y la creación y retención de valor se han ido debilitando con el tiempo, y deben ser complementadas con Políticas Públicas que impulsen la innovación y el fortalecimiento de los encadenamientos productivos nacionales para abordar los nuevos desafíos de productividad y de sostenibilidad ambiental y social.
- El sector geo-minero-metalúrgico chileno puede y necesita impulsar esta transformación. Aunque el nivel de recursos mineros sigue siendo muy importante, la calidad de los yacimientos ha disminuido significativamente y ha aumentado su complejidad productiva, ambiental y social.
- Dado que durante las últimas décadas se han acumulado importantes capacidades y experiencias en compañías mineras, sus proveedores y las universidades, es posible que el sector minero chileno participe activamente en el desarrollo de las soluciones para abordar estos desafíos, generando nuevas y mayores capacidades productivas, tecnológicas y organizacionales, junto con fortalecer la confianza y el capital social.
- La creación y fortalecimiento de capacidades para abordar los desafíos debe ocurrir en todos los actores del sector minero nacional. Este no es sólo un desafío de las compañías mineras, también incluye a los proveedores, el capital humano, la sociedad civil y el gobierno.
- Hasta ahora, Chile ha contado con políticas e instituciones que han generado estabilidad para atraer las inversiones necesarias para impulsar el crecimiento de la producción minera. Sin embargo, este buen ambiente, que debe sostenerse, no ha estado acompañado de una política activa de desarrollo de capacidades de innovación y de los encadenamientos de proveedores que permita impulsar la productividad, ayudar a enfrentar los desafíos operativos, sociales y ambientales y al mismo tiempo transformar no sólo al sector, sino también a la economía nacional.
- El mundo seguirá avanzando en crear las soluciones que demanda una minería sostenible y el país difícilmente podrá participar de este proceso sin que exista una Política Pública activa con las características antes descritas. Consecuentemente, el sector podría estar generando valor, pero con una decreciente participación de capacidades nacionales, lo que dificultaría retener en el país una parte de este, lo que es necesario para un crecimiento sostenible. Es importante tener presente que las medidas redistributivas, tienen un límite y pueden llevar a comportamientos rentistas pasivos.

- Sin una Política Pública activa, las compañías mineras y los actores internacionales que controlan las cadenas globales de valor buscarán a nivel mundial soluciones para sus desafíos y sin una participación relevante del emergente ecosistema de innovación geo-minero-metalúrgico nacional.
- Chile difícilmente puede actuar en solitario, si quiere acceder al capital y a los mercados internacionales, así como participar en los procesos de cambio tecnológico. Es necesario que esta transformación incluya una mayor integración en las cadenas de valor globales mediante alianzas internacionales.
- Se espera que el mundo continúe necesitando minerales y que estos deben ser provistos según los estándares de sostenibilidad del Siglo XXI. En particular, las economías e industrias deben disminuir sus niveles de emisión en línea con lo que plantea el Acuerdo de París y que la producción cumpla con estándares ESG (del inglés *environmental, social, and governance*).

Objetivos e impulsos estratégicos priorizados

Se han definidos los siguientes objetivos estratégicos del Eje de Innovación y Cadenas de Valor:

1. El sector geo-minero-metalúrgico chileno atrae y promueve inversiones de impacto, impulsoras de la innovación y desarrollo tecnológico nacional para un crecimiento minero y metalúrgico sostenible. Para lo cual se:
 - Impulsa la innovación desde la etapa de inversión.
 - Promueve y atrae inversiones de impacto en los encadenamientos de proveedores.
 - Entrega certeza, confianza y diligencia en la tramitación y evaluación de inversiones.
2. El sector geo-minero-metalúrgico chileno mantiene una exploración altamente dinámica y cuenta con una minería primaria y secundaria y con sector de procesamiento de minerales competitivos y sostenible, que impulsan activamente el fortalecimiento y desarrollo de los encadenamientos de proveedores nacionales de productos y servicios para el sector, incluyendo su internacionalización. Para lo cual se:
 - Desarrollan hojas de ruta estratégicas en torno a misiones de alto valor.
 - Desarrolla y promueve la internacionalización de proveedores.
 - Fortalece los encadenamientos en los territorios.

Para alcanzar los objetivos estratégicos de este eje se proponen cinco (5) Impulsos Estratégicos considerados elementos fundamentales de una Política Minera de Estado que busque fomentar la innovación y fortalecer los encadenamientos productivos y tecnológico, condición necesaria para que el sector geo-minero-metalúrgico siga impulsando un proceso de crecimiento sostenible.

A continuación, se presentan estos Impulsos, sus objetivos generales y las componentes principales de cada uno de ellos.

Impulso 1: Desarrollo de un ecosistema de innovación intensivo en conocimiento para una minería virtuosa, inclusiva y sostenible y apoyo a la internacionalización de proveedores.

Objetivos generales:

- Impulsar el desarrollo de un ecosistema de I+D+i para aumentar la competitividad y el crecimiento del sector geo-minero-metalúrgico nacional de manera virtuosa, inclusiva y sostenible.
- Aumentar el nivel de las exportaciones e internacionalización de proveedores nacionales, incluyendo la inserción en cadenas de valor globales, similar al que existe en países mineros avanzados y contribuyendo a la diversificación productiva.
- Contribuir a visibilizar y promover los esfuerzos de I+D+i que realizan los actores del ecosistema geo-minero-metalúrgico en Chile, así como posicionar al país como un centro de conocimiento a nivel internacional.

Componentes:

- A. Unidad permanente de planificación estratégica en torno a misiones o desafíos estratégicos del sector geo-minero-metalúrgico
- B. Articulación de iniciativas público-privadas y apoyo al desarrollo de bienes públicos de excelencia para el desarrollo del ecosistema de I+D+i y tecnologías
- C. Fortalecimiento del contenido local y los encadenamientos con grandes proveedores internacionales
- D. Fondo para la internacionalización y promoción de las exportaciones del sector de proveedores de la minería chilenos
- E. Visibilizar el esfuerzo de I+D+i en el ecosistema minero en Chile
 - i. Sistema de información y registro de los esfuerzos de I+D+i y Premio a la Innovación en Minería
 - ii. Promover la realización de una Conferencia Internacional bienal sobre Minería del Futuro
- F. Revisión histórica del desempeño del ecosistema de innovación minero en Chile y propuesta de mejoras

Impulso 2: Fortalecer el sistema de financiamiento a la investigación, desarrollo e innovación en el ecosistema minero chileno.

Objetivos generales:

- Proponer un nuevo marco de financiamiento a la innovación en el ecosistema minero nacional que asegure alineamiento de intereses y consistencia de largo plazo, a fin de lograr alto impacto

para el país mediante esfuerzos colaborativos para el desarrollo de bienes públicos y bienes club, y nuevos mecanismos de financiamiento a la innovación apropiable en escalamiento de tecnologías para la minería.

Componentes:

- A. Promover el uso del royalty minero de forma íntegra a I+D+i para fortalecer el financiamiento a la innovación, con estrategias orientadas por misión y con especial atención en el ecosistema minero.
- B. Fondo de Innovación del Ecosistema Minero
 - i. Un Fondo de Bienes Públicos, Bienes Club e Investigación tecnológica precompetitiva asociativa para desafíos colectivos del sector
 - ii. Fondo de subsidio contingente a la innovación para escalamiento de tecnologías para la minería.
- C. Incentivos para integrar la innovación en los proyectos de inversión.

Impulso 3: Atracción y promoción de inversiones para un crecimiento innovador y sostenible que genere desarrollo local.

Objetivo general:

- Generar las condiciones para atraer y promover inversiones en minería para un crecimiento innovador y sostenible que genere desarrollo local.

Componentes:

- A. Sistema de permisos especiales que promueva la incorporación de proyectos de innovación e investigación y desarrollo en los proyectos de inversión.
- B. Liderar o patrocinar una iniciativa que permita demostrar cumplimiento con requerimiento ESG relevantes de forma de diferenciar la producción minera chilena.
- C. Atracción de inversiones en nichos de alto valor para acelerar el desarrollo de un ecosistema de servicios y productos para una minería de base tecnológica y sostenible.

Impulso 4: Procesamiento de minerales y desarrollo metalúrgico para una minería que recicla y baja su huella de carbono.

Objetivo general:

- Tener una industria metalúrgica moderna y competitiva, que cuide el ambiente, impulse el desarrollo de encadenamiento productivo y tecnológico y mejore su reputación y aceptabilidad social, terminando con el concepto de zonas de sacrificio.

Componentes:

- A. Desarrollo de un complejo minero-metalúrgico competitivo que recupera subproductos y con una gestión ambiental, operacional y comercial de excelencia.

Impulso 5: Desarrollo de una pequeña y mediana minería tecnológica y de una minería secundaria que dinamicen el ciclo de innovación.

Objetivos generales:

- Impulsar una pequeña y mediana minería de base tecnológica, altamente intensiva en conocimiento, que acelere el desarrollo y escalamiento de innovaciones tecnológicas y el crecimiento de proveedores locales, haciendo posible y/o reactivando proyectos y faenas mineras que hasta ahora no hayan encontrado viabilidad en el contexto económico, institucional y regulatorio actual.
- Impulsar una minería secundaria y el desarrollo de una minería polimetálica competitiva y sostenible que acelere la incorporación de soluciones circulares y reduzca los residuos de la actividad minera

Componentes:

- A. Programa integral para profundizar la sofisticación de una pequeña y mediana minería impulsora del desarrollo productivo y tecnológico y con una alta inserción en los territorios
- B. Programa para el pleno desarrollo de la minería secundaria

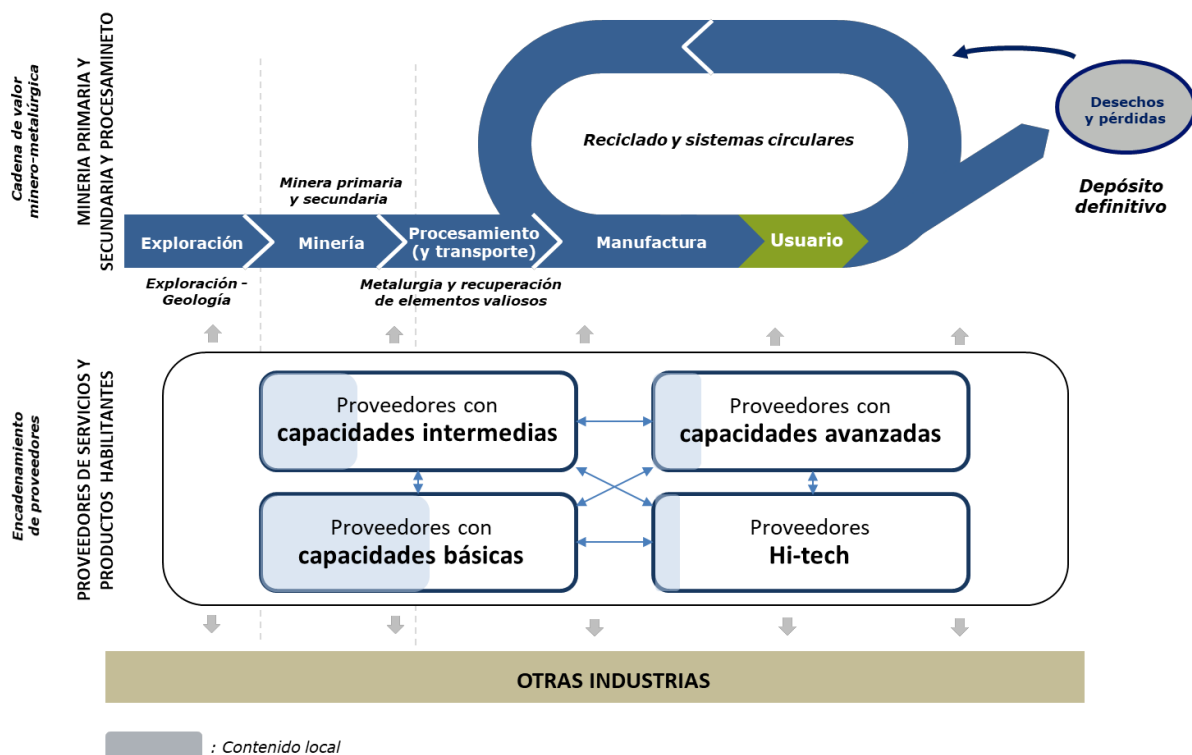
III. Objetivos estratégicos del eje de innovación y cadenas de valor

Se definieron los siguientes criterios para establecer objetivos estratégicos que representen adecuadamente los desafíos de los procesos de innovación y desarrollo de las cadenas de valor del sector geo-minero-metalúrgico:

- (1) Criterio 1: Los objetivos estratégicos deben tomar en cuenta toda la cadena de valor geo-minero-metalúrgica, desde la etapa de exploración y geología, hasta el procesamiento de minerales.
- (2) Criterio 2: Los objetivos estratégicos deben cubrir tanto la cadena de valor geo-minero-metalúrgico, como los encadenamientos de proveedores, incluyendo todo el rango de proveedores con distintos niveles de sofisticación. La mayoría de estos encadenamientos de proveedores están organizados globalmente y en su operación se integran capacidades locales (lo que suele expresarse a través de los niveles de contenido local) y capacidades internacionales.

La Figura 1 ilustra los descrito en (1) y (2)

Figura 1: Cadena de valor minero-metalúrgica y sus encadenamientos de proveedores



- (3) Criterio 3: Los objetivos estratégicos deben reconocer la importancia de orientar los procesos de innovación y desarrollo de capacidades en torno a misiones estratégicas, desafíos cuyo abordaje es crítico para contar una minería sostenible (por ejemplo: una minería sin relaves). Estas misiones definen focos y facilitan la coordinación de esfuerzos para el desarrollo de soluciones e innovaciones de alto impacto.

- (4) Criterio 4: Los objetivos estratégicos deben reconocer la importancia de abordar las demandas de los territorios por una mayor inclusión, no sólo en términos de retener parte del valor que la minería genera cuidando los activos sociales, naturales y medioambientales del territorio, sino también, en cuanto a generar las condiciones para que los territorios puedan participar en el proceso de generación de valor con estándares de sostenibilidad internacionales y cuidado la competitividad del sector.
- (5) Criterio 5: Los objetivos estratégicos deben reconocer la importancia de incorporar la innovación y las oportunidades de encadenamiento con el ecosistema nacional desde la etapa de inversión. En esta etapa está la semilla para ampliar la producción y fortalecer los encadenamientos de proveedores y la innovación. Actualmente, el marco institucional busca abordar que se desarrollen inversiones cautelando criterios de sostenibilidad en términos de identificar, evaluar, mitigar y compensar impactos socioambientales no deseados. Sin embargo, las oportunidades asociadas a los proyectos de inversión para apoyar el desarrollo de los encadenamientos de proveedores nacionales e impulsar la innovación no son recogidos en el arreglo institucional, perdiéndose enormes oportunidades de desarrollo y competitividad.

Los criterios antes descritos podrían ser utilizado para evaluar la coherencia del marco y las capacidades institucionales del sector geo-minero-metalúrgico para promover las innovaciones y el fortalecimiento del encadenamiento de proveedores

A continuación, se presentan dos (2) Objetivos Estratégicos para del Eje Innovación y Cadenas de Valor Geo-minero-metalúrgicas que recogen los criterios antes mencionados (ver Recuadros 1 y 2).

Recuadro 1: Objetivo Estratégico 1

Las inversiones como impulsoras de la innovación y desarrollo de proveedores nacionales

El sector geo-minero-metalúrgico chileno atrae y promueve inversiones de impacto, impulsoras de la innovación y desarrollo tecnológico nacional para un crecimiento minero y metalúrgico sostenible.

Para lo cual se:

- **Impulsa la innovación desde la etapa de inversión:** Impulsar la innovación y la participación de proveedores nacionales, regionales y locales desde la etapa de inversión, incorporándolos en los procesos de licenciamiento (permisos legales) para mejorar la competitividad del sector y fortalecer los sistemas de innovación y los encadenamientos de proveedores nacionales y su inserción en cadenas de valor globales.
- **Promueve y atrae inversiones de impacto en los encadenamientos de proveedores:** Promover y atraer inversiones en áreas de alto impacto en los encadenamientos de proveedores y ecosistemas asociados, con estándares de sostenibilidad internacionales para ampliar la producción minera y metalúrgica, impulsar la innovación y el desarrollo tecnológico en nichos de alto valor y fortalecer el desarrollo de proveedores chilenos plenamente insertos en cadenas de valor globales y en nichos de mercado de alto potencial.
- **Entrega certeza, confianza y diligencia en la tramitación y evaluación de inversiones:** Aumentar la capacidad para coordinar los complejos procesos de licenciamiento, diálogo y aceptación social de los proyectos de inversión en el sector geo-minero-metalúrgico chileno para ir reduciendo la incertidumbre respecto de la viabilidad legal y social de las inversiones a medida que avanzan en su preparación, desarrollo y puesta en marcha y así aumentar la ejecución de inversiones competitivas y sostenibles.

Es importante acompañar estos objetivos con definiciones claras respecto de los siguientes conceptos:

Inversión de impacto: Los siguientes criterios serán utilizados para definir qué entenderemos por inversión de impacto

Criterio	Referencia*
Tamaño de la inversión (US\$ millones)	
- Para inversiones mineras	> 1.000 US\$ Millones
- Para inversiones metalúrgicas	> 500 US\$ Millones
- Para inversiones en encadenamientos	> 100 US\$ Millones
Inversiones de triple impacto ambiental-social-económico	Identificación de los elementos de adicionalidad de las inversiones en las dimensiones ambiental, social y económico
Inversiones que promueven la creación de capacidades nacionales, regionales y locales (público, privado y de la sociedad civil), saltos de productividad y desempeño socioambiental, el desarrollo de innovaciones y participación de proveedores nacionales, regionales y locales	<ul style="list-style-type: none"> - Empleo de alta calidad - Nivel de contenido local - Presupuesto de innovación - Inversión en I+D+i nacional - Ganancia en productividad
* Se debe realizar un estudio sobre el tamaño de las inversiones y su complejidad para confirmar los valores de referencia	

Nichos de alto potencial: Los siguientes criterios serán utilizados para definir qué entenderemos por nichos de alto potencial

Criterio	Referencia*
Existe una demanda local (minera y no-minera) importante y se proyecta que aumente	<ul style="list-style-type: none"> - Mercado local > 100 US\$ Millones - Crecimiento > 2% anual
Existe un mercado internacional que está creciendo y las barreras para participar en nichos específicos son sorteables	<ul style="list-style-type: none"> - Mercado regional LATAM > 3.000 US\$ Millones - Crecimiento > 2% anual - Mercado mundial > 30.000 US\$ Millones - Crecimiento > 2% anual - Alto interés de inversionistas internacionales - Empresas internacionales interesadas en desarrollar alianzas con proveedores chilenos

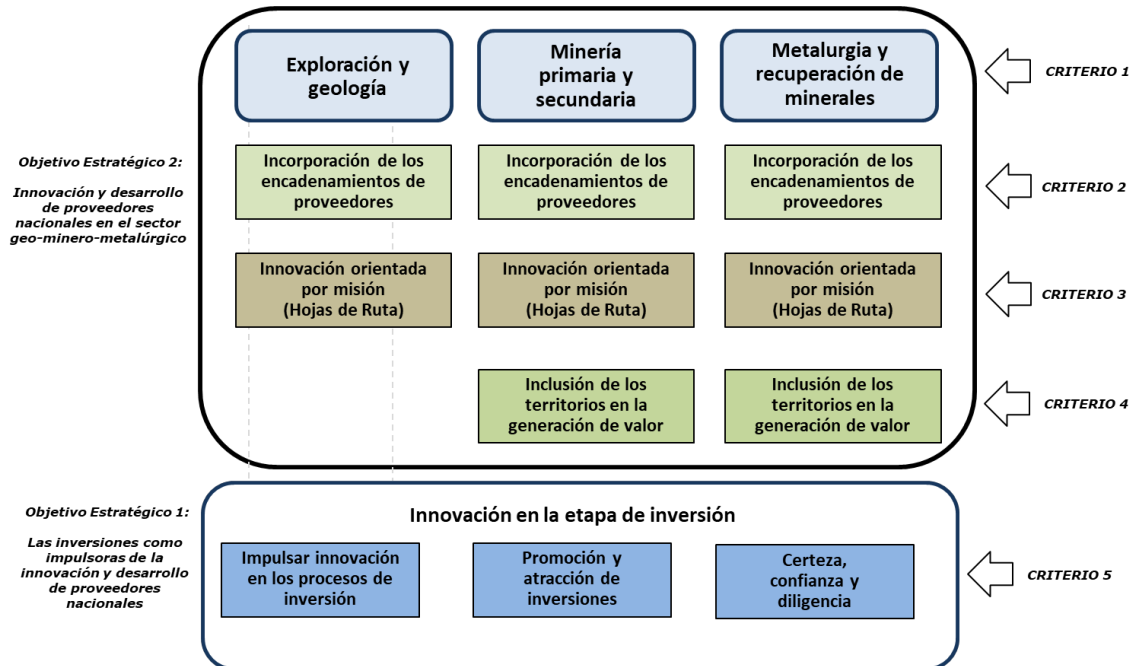
<p>Está asociado a áreas que son críticas para la competitividad y sostenibilidad del sector geominero-metalúrgico y abre oportunidades de desarrollo de los proveedores nacionales de la minería y su inserción internacional. Estos nichos están vinculadas a las misiones o desafíos estratégicos del sector.</p> <p>Ejemplo de nicho de alto potencial: El aumento de demanda agua de mar aumentará en un 300%</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Impactos en costos y productividad - Abordan riesgos de discontinuidad operacional - Existen capacidades locales mínimas y un potencial de aprovechamiento o creación de valor muy significativo (Ej. Energía Solar)
<p>* Se debe realizar un estudio sobre el tamaño de los mercados de nichos y sus características para confirmar los valores de referencia</p>	

Recuadro 2: Objetivo Estratégico 2

<p><u>Innovación y desarrollo de proveedores nacionales en el sector geo-minero-metalúrgico:</u></p> <p>El sector geo-minero-metalúrgico chileno mantiene una exploración altamente dinámica y cuenta con una minería primaria y secundaria y con sector de procesamiento de minerales competitivos y sostenible, que impulsan activamente el fortalecimiento y desarrollo de los encadenamientos de proveedores nacionales de productos y servicios para el sector, incluyendo su internacionalización.</p> <p>Para lo cual se:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Desarrollan hojas de ruta estratégicas en torno a misiones de alto valor:</u> Desarrollar, implementar y mantener actualizadas Hojas de Ruta Estratégicas en torno a misiones de alto valor vinculadas a los principales desafíos del sector geo-minero-metalúrgico para impulsar el crecimiento sostenible del mismo y fortalecer los encadenamiento de proveedores, incluyendo la formación de capital humano avanzado, el fortalecimiento de capacidades productivas, comerciales, de I+D+i y de emprendimiento, el desarrollo de un marco institucional ágil y de calidad y contar con altos niveles de aceptación por parte de comunidades y la sociedad. • <u>Desarrolla y promueve la internacionalización de proveedores:</u> Impulsar el desarrollo y la internacionalización de proveedores locales y nacionales de equipos, tecnologías y servicios del sector geo-minero-metalúrgico que sean una fuente de competitividad y sostenibilidad para la industria, generadores de empleo de calidad e impulsores de la diversificación y transformación de la economía con los estándares de sostenibilidad del Siglo XXI. • <u>Fortalece los encadenamientos en los territorios:</u> Fortalecer a los actores productivos en regiones y comunidades, integrándolos en el proceso de creación de valor de un sector geo-minero-metalúrgico sostenible para apoyar el desarrollo de economías locales más resilientes, sostenibles y diversificadas, con alta calidad de vida y que reconocen con orgullo la vocación geo-minero-metalúrgica de Chile.

La Figura 2 ilustra cómo los criterios antes descritos son recogidos en la definición de los dos (2) objetivos estratégicos del eje. La acción conjunta y coordinada de los cinco (5) Impulsos Estratégicos que se presentan más adelante buscan alcanzar estos objetivos.

Figura 2: Mapa de criterios para la definición de objetivos estratégicos



IV. Objetivos e Indicadores de la PNM2050

Los objetivos e indicadores de la PNM2050 que se presentan a continuación se usarán para mostrar dónde están impactando las acciones propuestas por la Mesa de Innovación y Cadenas de Valor. Este mismo ejercicio se podría realizar con las acciones propuestas por las otras mesas temáticas lo que ayudaría a identificar el grado de interrelación que existe entre los ejes temáticos.

Debido a que aún no se cuenta con un sistema de indicadores para la PNM2050³, se ha preparado una versión preliminar. Esta versión debe ser revisada y mejorada en estrecha relación con las otras mesas técnicas. Más adelante, cuando el trabajo de las mesas técnicas haya finalizado y se cuente con un conjunto de indicadores para la PNM2050 se podrá volver a verificar cómo las distintas acciones impactan estos indicadores.

A continuación, se presentan los indicadores principales de la PNM2050 (usando la versión preliminar propuesta por esta Mesa). Para cada indicador se ha definido un objetivo específico de resultado, que ayuda a entender el sentido del indicador. Más adelante, estos indicadores serán usados en la caracterización de los Impulsos Estratégicos propuestos por esta Mesa. En el Anexo 2 se presenta un conjunto más amplio de indicadores que son complementarios a los indicadores principales.

Tabla 2: Objetivos e Indicadores Principales de la PNM2050 (Versión Borrador)

<p><u>Objetivo 1:</u> Se materializan inversiones en el sector geo-minero-metalúrgico y en sus encadenamientos de proveedores, bajo estándares sociales y ambientales internacionales, que permiten proyectar un crecimiento anual superior al 1% de la producción minera-metalúrgica de forma competitiva y sostenible</p>
<p><u>Indicador 1:</u> Inversión materializada</p> <ul style="list-style-type: none"> - Inversión total materializada [US\$ Millones]
<p><u>Indicadores complementarios:</u> Inversión en exploración; Inversión en producción minera primaria; Inversión en procesamiento y minería secundaria; Inversión en nichos de alto potencial en encadenamiento de proveedores nacionales</p>
<p><u>Objetivo 2:</u> La producción minera-metalúrgica se expande a una tasa mayor a un 1% al año, fortaleciendo su competitividad y mejorando su desempeño ambiental y social según estándares ESG internacionales.</p>
<p><u>Indicadores 2:</u> Producción primaria y secundaria</p> <ul style="list-style-type: none"> - Producción de cobre [MT] - Porcentaje de la producción minera en Q1 y Q2 cuartiles de costos [%]
<p><u>Indicadores complementarios:</u> Productividad (PTF); Producción de otros minerales; Volumen de procesamiento (FURE); Porcentaje del volumen procesado Q1 y Q2 cuartiles de costos; Cargos por tratamiento fundición y refinación</p>

³ Los indicadores de la PNM2050 deberían ser parte de un sistema de reporte sistemático y periódico de alta calidad y confiable, de preferencia realizado por un organismo técnico independiente, que debe incluir la definición de metodologías de medición y estrategias de comunicación y discusión. Esta es una acción central para una adecuada gestión de la PNM2050 ya que permite ir monitoreando su avance y alertar respecto de desviaciones. Además, se deben definir metas asociadas a estos indicadores para los años 2025 y 2030.

Objetivo 3: Los tiempos de tramitación de permisos para proyectos de inversión tienen un alto nivel de certeza y se desarrollan en plazo equivalentes a referentes internacionales reconocidos. Además, son acompañadas por procesos de diálogo de alta calidad para que comunidades y empresas puedan tener una discusión informada que facilite definir acuerdos estables de mutuo beneficio y respeto

Indicadores 3: Tiempo de tramitación

- Tiempo de tramitación para obtener/rechazar inversión [meses]

Indicadores complementarios: Tiempo tramitación y diálogo de proyectos mineros; Tiempo tramitación y diálogo proyectos metalúrgicos; Tiempo de tramitación y diálogo de proyectos de inversiones en encadenamiento de proveedores [meses].

Objetivo 4: Existen bajos niveles de conflictividad durante la tramitación, la construcción y la puesta en marcha de proyectos de inversión en el sector geo-minero-metalúrgico y sus encadenamientos de proveedores

Indicadores 4: Nivel de conflictividad

- Número de juicios total [número]

- Número de conflictos total [número]

Indicadores complementarios: Número de juicios en proyectos mineros; Número de juicios en proyectos metalúrgicos; Número de juicios en proyectos de encadenamientos; Número de conflictos en proyectos mineros; Número de conflictos en proyectos metalúrgicos; Número de conflictos en proyectos de encadenamientos de proveedores; Días totales de detenciones por conflictos o juicios; Días detenciones por conflictos o juicios en proyectos mineros; Días detenciones por conflictos o juicios en proyectos metalúrgicos; Días detenciones por conflictos o juicios en proyectos de encadenamientos.

Objetivo 5: Existe un alto nivel de aceptación social en comunidades, el territorio y la sociedad general de los proyectos de inversión geo-minero-metalúrgico y sus encadenamientos de proveedores tanto durante la etapa de construcción como durante la operación y cierre

Indicadores 5: Nivel de aceptación

- Nivel aceptación de inversiones y operaciones totales [Índice de aceptación]

Indicadores complementarios: Nivel aceptación de inversiones y operaciones mineras en la comunidad; Nivel aceptación de inversiones y operaciones mineras en el territorio; Nivel aceptación de inversiones y operaciones mineras a nivel nacional; Nivel aceptación de inversiones y operaciones metalúrgica en la comunidad; Nivel aceptación de inversiones y operaciones metalúrgica en el territorio; Nivel aceptación de inversiones y operaciones metalúrgica a nivel nacional; Nivel aceptación de inversiones y operaciones de proveedores en la comunidad; Nivel aceptación de inversiones y operaciones de proveedores en el territorio; Nivel aceptación de inversiones y operaciones de proveedores a nivel nacional

Objetivo 6: El nivel de contenido local tanto en los proyectos de inversión como en las operaciones del sector geo-minero-metalúrgico y sus encadenamientos de proveedores es equivalente al existente en economías mineras avanzadas.

Indicadores 6: Contenido local

- Contenido local en proyectos y operaciones totales [Índice de contenido local]

Indicadores complementarios: Contenido local en proyectos y operaciones mineras; Contenido local en proyectos y operaciones metalúrgicos; Contenido local en proyectos y operaciones de encadenamientos; Empleo nacional y local directo en proyectos mineros; Empleo nacional y local directo en proyectos y operaciones metalúrgicos; Empleo nacional y local directo en proyectos y operaciones de proveedores; Contratos con proveedores nacionales en las inversiones; Compras a proveedores nacionales en inversiones; Contratos con proveedores nacionales operaciones; Compras a proveedores nacionales en operaciones

Objetivo 7: Las inversiones minero-metalúrgicas y de sus encadenamientos de proveedores están acompañadas por una agenda clara de innovaciones y fortalecimiento de capacidades que fueron identificadas en la etapa de inversión y son sistemáticamente actualizadas durante la etapa de operación

Indicadores 7: I+D+i

- Inversión en I+D+i comprometida en inversiones [US\$]

Indicadores complementarios: Innovación comprometida en inversiones mineros; Innovación comprometida en inversión metalúrgicas; Innovación comprometida en inversiones de encadenamiento; Inversión; I+D+i en sector minero-metalúrgica y encadenamiento; Número de PhDs en sector geo- minero-metalúrgico y su encadenamiento; Números de postgraduados en sector geo-minero-metalúrgico y su encadenamiento; Número de ingenieros en sector geo-minero-metalúrgico y su encadenamiento

Objetivo 8: Los proveedores de equipos, tecnología y servicios para el sector geo-minero-metalúrgico han alcanzado un nivel tecnológico y de productividad avanzado y generan empleo de calidad. El sector proyecta mantener una tasa de crecimiento entre un 4 a 7% al año, impulsando la diversificación productiva, el desarrollo tecnológico y la internacionalización

Indicadores 8: Exportación de proveedores nacionales

- Exportaciones de proveedores [US\$ Millones]

Indicadores complementarios: Ventas de proveedores en Latam; Proveedores con oficinas permanentes en Latam; Empleo directo de proveedores; Salarios de proveedores de la minería; Productividad de proveedores mineros; Número de empresas de base tecnológica y ventas; Propiedad intelectual (Patentes) e Inversión en I+D+i del sector de proveedores; Contribución al PIB del sector de proveedores mineros; Crecimiento anual del sector de proveedores mineros

Objetivo 9: Las inversiones y operaciones geo-mineras-metalúrgica y sus encadenamientos de proveedores han adoptado plenamente las tecnologías digitales. Existe un creciente volumen de negocio digitales que lleva a una disminución de costos

Indicadores 9: Nivel de digitalización

- Nivel de adopción de tecnologías digitales [Indicador de adopción]

Indicadores complementarios: Nivel de adopción de tecnologías digitales en procesos mineros; Nivel de adopción de tecnologías digitales en procesos metalúrgicos; Nivel de adopción de tecnologías digitales en encadenamientos; Volumen de negocios digitales en el sector geo-minero-metalúrgico

Objetivo 10: Las inversiones y operaciones mineras han adoptado modelos de producción y comercialización circular. Existe un creciente reúso y reciclado de los equipos, materiales e infraestructura que lleva a una disminución de costos y del volumen de desechos y su impacto ambiental

Indicadores 10: Volumen de desechos y pasivos ambientales al cierre de las operaciones

- Volumen de desechos generados [Volumen]

Indicadores complementarios: Porcentaje equipos, materiales, infraestructura y desechos con sistemas de trazabilidad; Porcentaje de la inversión que se puede reutilizar; Porcentaje de la inversión que se puede reciclar; Pasivos ambientales que quedan en la etapa de cierre mina; Residuos que dejan las inversiones y operaciones; Volumen de residuos peligrosos; Volumen de residuos no-peligrosos

Objetivo 11: El sector geo-minero-metalúrgico y sus encadenamientos avanza en disminuir sus emisiones de GEI (Alcance 1, 2 y 3) para estar alineados con el Acuerdo de Paris tomando en cuenta la etapa de construcción, operación y cierre

Indicadores 11: Emisiones GEI

- Emisiones GEI Totales [Ton CO₂eq]

Indicadores complementarios: Porcentaje de la producción primaria trazable; GEI inversiones metalúrgicos; Porcentaje de la producción de concentrado trazable; GEI inversiones encadenamientos; Porcentaje de la cadena de abastecimiento trazable

Objetivo 12: El sector minero-metalúrgico y sus encadenamientos se abastece de agua desde el mar (desalada o natural) o desde fuentes en donde existe una gestión integrada de acuíferos que evita que se extraiga agua más allá de un porcentaje de su recarga. Adicionalmente, la huella hídrica de los proyectos minero-metalúrgico y sus encadenamientos es conocida y no supera el límite definido por cuenca para una operación sostenible.

Indicadores 12: Huella hídrica

- Consumos de agua continental [Volumen]

Indicadores complementarios: Extracción de agua desde cuencas con sistemas integrados; Nivel de contaminación de acuíferos; Costo de m³ de agua

Objetivo 13: Existe una pérdida neta de biodiversidad negativa (ganancia) en los proyectos geo-minero-metalúrgico y sus encadenamientos tomando en cuenta el ciclo completo, incluyendo construcción, operación y cierre.

Indicadores 13: Pérdida de biodiversidad

- Pérdida neta de biodiversidad [%]

Indicadores complementarios: Pérdida neta de biodiversidad en proyectos y operaciones mineras; Pérdida neta de biodiversidad en proyectos y operaciones metalúrgicas; Pérdida neta de biodiversidad de proyectos y operaciones de encadenamiento

V. Impulsos Estratégicos para fortalecer la innovación y los encadenamientos

En esta sección se presentan los cinco (5) Impulsos Estratégicos propuestos por esta Mesa para avanzar en fortalecer las capacidades de innovación y los encadenamientos con el ecosistema nacional para mejorar la competitividad del sector minero y profundizar su contribución al desarrollo sostenible a nivel local, regional y nacional.

Cada Impulso Estratégico será caracterizado según el perfil que se presenta a continuación.

Perfil de Caracterización de Impulso Estratégico – Mesa Innovación y Cadenas de Valor
1. Diagnóstico
2. Objetivos generales y metas específicas
3. Componentes del Impulso Estratégico

Sistema de Monitoreo de la PNM2050, un Impulso Estratégico es si mismo: Se estima que es fundamental contar con un sistema de monitoreo de excelencia técnica e independiente que permita ir midiendo los avances de la PNM2050, tomando en cuenta todas las variables de la sostenibilidad y que ayude a ir definiendo acciones correctivas.

Este sistema podría facilitar la generación de una visión integrada de las propuestas de las distintas mesas técnicas y también identificar la contribución que realiza cada una de las propuestas al desarrollo de la política.

Se recomienda encargar a Cochilco la generación de una primera línea base de la situación del sector minero a nivel nacional y regional. Un primer paso sería definir y validar cuales son los objetivos e indicadores de la PNM2050

A continuación, se listan las iniciativas prioritarias y luego se caracterizan cada una de ellas según el perfil descrito más arriba.

Impulso 1: Desarrollo de un ecosistema de innovación intensivo en conocimiento para una minería virtuosa, inclusiva y sostenible y apoyo a la internacionalización de proveedores.

Preparado por Fernando Lucchini con la colaboración de Patricio Aguilera, Marcela Angulo, José Pablo Domínguez, Alejandra Molina, Elena Moreno, Nancy Pérez, Juan David Rayo, Javier Ruiz del Solar, Susana Silva y Maarten van den Berg

1. Diagnóstico

- No existe una instancia dedicada al análisis, definición, revisión y actualización permanente de una visión y estrategia de largo plazo integral: No existe una instancia permanente, y con un equipo dedicado, para analizar, definir, revisar y actualizar la visión de largo plazo para el desarrollo del sector. Que incluya la definición de una estrategia que tome en cuenta al ecosistema de I+D+i y producción en su conjunto, pero constituyendo, sin embargo, una estrategia más allá de la I+D+i y tecnologías *per se*, y que se organice en torno a problemáticas o desafíos estratégicos del sector geo-minero-metalúrgico, y respecto de los cuales se definan hojas de ruta (HdR) para poder abordarlos.

Por ejemplo, a pesar de las proyecciones de largo plazo que caracterizan al sector minero, no se han analizado ni definido acciones para abordar las necesidades de capital humano avanzado y las capacidades de I+D+i en temas más específicos, tales como pirometalurgia, robótica, analítica avanzada, ciberseguridad, cambio climático o el desarrollo de soluciones de economía circular.

- Aunque hay avances, las HdR como herramienta ordenadora e impulsora han sido insuficientes: Las HdR desarrolladas hasta ahora han sido instrumentos útiles para visibilizar desafíos e impulsar iniciativas orientadas a abordarlos, promoviendo el trabajo colectivo y creando bienes públicos necesarios para el funcionamiento del ecosistema de innovación y producción geo-minero-metalúrgico. Por ejemplo, las HdR han ayudado a fortalecer y desarrollar iniciativas como Expande, Eleva, Centros de Pilotaje, entre otros.

Sin embargo, a pesar de este aporte, el monitoreo, actualización e implementación de las distintas HdR debe ser perfeccionado para que sean instrumentos efectivos de planificación, coordinación e implementación de una agenda coherente. Adicionalmente, los compromisos necesarios para ejecutar iniciativas asociadas a los desafíos no han sido constantes. Se observa que algunas de las iniciativas que se desprenden de las HdR están en riesgo por falta de apoyo y/o financiamiento basal sostenido.

Tampoco se hace un seguimiento sistemático e integrado del impacto de las iniciativas desarrolladas dentro del marco de las HdR, ni de las lecciones aprendidas de su proceso de diseño, implementación y desarrollo. Además, no existe continuidad en el desarrollo y disponibilidad de bienes públicos fundamentales para que los esfuerzos estratégicos obtengan los elementos habilitantes que les permitan generar impacto.

- No existe un sistema de financiamiento de largo plazo para iniciativas estratégicas y/o bienes públicos: No existe un modelo de financiamiento que permita la activación coordinada y permanente, así como la continuidad de las iniciativas estratégicas y bienes públicos identificados. En particular, los ciclos políticos administrativos han llevado a discontinuar los

esfuerzos, generando desazón, fatiga y señales ambiguas. Adicionalmente, los esfuerzos no han logrado alcanzar la escala necesaria para generar impactos relevantes en el ecosistema.

Algunas iniciativas estratégicas no han logrado alcanzar la madurez para su sustentabilidad financiera y los apoyos públicos y privados se han interrumpido, afectando su continuidad y capacidad de articulación entre los actuales proyectos y los nuevos.

- La participación de proveedores locales en proyectos de inversión minera está estancada: Seguir avanzando en el desarrollo de una minería sostenible, que profundiza su contribución al progreso del país, requiere fortalecer la competitividad e impulsar una activa participación de proveedores y capacidades nacionales y locales. Si bien, en las últimas décadas en Chile se han desarrollado importantes capacidades industriales y productivas, que ha llevado a una consolidación de una cadena de abastecimiento local y nacional, los proveedores nacionales no han podido aumentar su participación en el desarrollo de los grandes proyectos de inversión y las soluciones son en general provistas por proveedores internacionales, aun cuando existen capacidades de diseño, ingeniería y desarrollo en Chile.
- Los procesos de innovación abierta en la industria minera son aún escasos y de limitado impacto en el ecosistema: Si bien la aproximación de la innovación abierta ha ido ganando interés y hoy existen algunas licitaciones en donde se han creado algunos espacios u oportunidades de desarrollo para proveedores tecnológicos nacionales, su número es aún insuficiente. No todas las grandes compañías mineras han incorporado este tipo de proceso y su continuidad es incierta. Asimismo, estos procesos deben ser perfeccionados. Tampoco ha existido una activa participación en este tipo de procesos por parte de los grandes proveedores internacionales.
- Dificultades para el escalamiento industrial de las innovaciones y empresas: Actualmente, hay productos y servicios innovadores que se encuentran en niveles avanzados de desarrollo (TRL 8 o superior) que pueden ser escalados por empresas pequeñas y medianas.

Sin embargo, para tecnologías con un grado de madurez menor (TRL 7 o inferior) el escalamiento es complejo. Desarrollar un primer equipo es caro, probarlo en una faena en operación es difícil y sin ello es complejo garantizar su funcionamiento. Por otra parte, para lograr desarrollar equipos y tecnología de punta, es necesario que las empresas proveedoras tengan espaldas financieras o cuenten con garantías que les permita finalizar el ciclo de innovación y finalmente un negocio que les permitiría seguir creciendo.

- Existe un esfuerzo acotado de las mineras y OEMS para apoyar el desarrollo de proveedores locales: Si bien hoy existen programas de compras a proveedores locales en algunas grandes compañías mineras, con frecuencia estas medidas han estado asociadas a acciones de RSE (Responsabilidad Social Empresarial) y no como un espacio para generar más valor a través del desarrollo de capacidades productivas y tecnológicas nacionales y locales de los proveedores y centros de I+D+i. En general, la industria minera ha tenido un foco en buscar proveedores en mercados internacionales de bajo costo y no en fortalecer las capacidades locales.

La voluntad por generar valor a través de crear capacidades locales también es un espacio que debería incorporar a los grandes proveedores internacionales presentes en el país.

- Brechas de respeto y protección a la propiedad intelectual: En la medida que aumente el contenido local y la capacidad de innovación, los temas de propiedad intelectual irán ganando

importancia. Este es un tema pendiente y hoy se pueden observar prácticas que ignoran la propiedad intelectual en procesos de licitación. Por ejemplo, solicitar apoyo de proveedores y expertos locales, pidiendo cotizaciones y planes de trabajo, que finalmente son licitados y asignados a terceros, sin reconocer el trabajo realizado ni la experiencia de quién preparó la propuesta, es una práctica que no debería existir y debería estar regulada y penalizada.

- La definición de una política de desarrollo de encadenamientos locales ha sido débil: Aunque el desarrollo de proveedores ha estado presente en la agenda por más de una década, los esfuerzos han sido intermitentes, de baja escala y con poca prioridad en los esfuerzos de política del sector.
- Existen brechas de capacidades tecnológicas y de desarrollo de capital humano avanzado que debe ser abordadas: Existe una necesidad de reforzar el nivel de competencias de los proveedores locales y nacionales para que puedan brindar una oferta competitiva atractiva y con ello aumentar su participación en la industria minera nacional e internacional.
- Exportación de proveedores nacionales está estancada: Los estudios realizados por ProChile muestran que exportaciones del sector están estancadas hace varios años en torno a los US\$ 500 millones y lo mismo el número de empresas exportadoras – en promedio 450. Si bien los productos y servicios de empresas nacionales llegan a un total de 80 mercados, sus envíos representaron un 0,74% de las exportaciones totales chilenas y un 1,3% de las exportaciones correspondientes del sector minero en el año 2018. Adicionalmente, estas exportaciones son generadas por un número reducido de empresas, el 79% del valor exportado por los proveedores es generado sólo por 21 empresas y el 88,3% de las empresas exportaron menos de US\$ 1 millón de pesos durante el año 2018.

Como contraste aparecen las empresas proveedoras de base tecnológica australianas, conocidas como METS. Este sector exportó aproximadamente AUS\$ 15 mil millones en productos y servicios a más de 200 distritos mineros en todo el mundo.

- Heterogeneidad del sector de proveedores invisibiliza a aquellos con vocación exportadora: La minería cuenta con una amplia y heterogénea base de empresas proveedoras. La mayoría aspira a ingresar a la lista de proveedores regulares de la gran minería chilena y con escaso interés por seguir creciendo y desarrollar nuevos productos y servicios para entrar a nuevos mercados nacionales e internacionales.

Sin embargo, existe un grupo de proveedores que buscan aprovechar el mercado local para desarrollar productos y servicios de excelencia y altamente competitivos y así prepararse para conquistar los mercados globales. Este grupo tiene el potencial de ser una fuente de productividad, de mayores ingresos para el país, de generar empleos de calidad y lograr una diversificación productiva, todo ello de vital importancia para el desarrollo del país. Su desarrollo requiere políticas y estrategia diferenciadas.

- Bajo apoyo especializado para la internacionalización de proveedores: En general las empresas proveedoras nacionales carecen de apoyos adecuados para su internacionalización. Existe una escasa oferta de instrumentos públicos y la mayoría se concentran en apoyar a empresas pequeñas (que facturan hasta US\$ 3,5 millones aprox.) las que en general tienen poca capacidad y recursos económicos para sostener los esfuerzos tecnológicos y comerciales que necesitan de

un mayor tiempo de desarrollo. No existe tampoco una oferta de instrumentos financieros (garantías), similares a los que existen en otras economías mineras avanzadas, que apoyen el acceso a financiamiento bancario, ni tampoco acceso a créditos para la exportación.

Por ejemplo, Australia posee una serie de programas y subvenciones que apoyan la internacionalización de sus empresas, tales como: (i) Iniciativa del Centro de Exportación METS para Pequeñas y Medianas Empresas (PYME) en Victoria y Australia Occidental con un financiamiento gubernamental de AUS \$ 1.025 millones; (ii) Sistema de Devolución de Derechos proporciona a los exportadores un reembolso de los derechos de aduana pagados por los bienes importados no utilizados o bienes que serán tratados, procesados o incorporados a otros bienes para la exportación; (iii) Export Finance Australia ofrece a las empresas exportadoras o empresas en una cadena de suministro de exportación una garantía para ayudar a acceder a la financiación de su banco; (iv) El programa Tradex ofrece un beneficio de flujo de caja para los importadores que posteriormente exportan los bienes; (v) Bonos de Australia para la financiación de exportaciones - proporciona a las pequeñas y medianas empresas exportadoras bonos (fianzas) como garantía para los contratos de exportación; (vi) Facilidad de fianza se debe utilizar para financiar órdenes de compra de exportación para la exportación de bienes y / o servicios australianos desde Australia y para financiar una orden de compra o contrato relacionado con la exportación que sea parte de una cadena de suministro relacionada con la exportación; (vii) Préstamos para financiar exportaciones de pequeñas y medianas empresas para asegurar contratos de exportación u órdenes de compra.

2. Objetivos del Impulso Estratégico

Objetivos generales:

- Impulsar el desarrollo de un ecosistema nacional de I+D+i y de una base robusta de proveedores de productos y servicios intensivos en conocimiento para aumentar la competitividad y el crecimiento del sector geo-minero-metalúrgico nacional de manera virtuosa, inclusiva y sostenible.
- Aumentar el nivel de las exportaciones e internacionalización de proveedores nacionales, incluyendo la inserción en cadenas de valor globales, similar al que existe en países mineros avanzados y contribuyendo a la diversificación productiva.
- Contribuir a visibilizar y promover los esfuerzos de I+D+i que realizan los actores del ecosistema geo-minero-metalúrgico en Chile, así como posicionar al país como un centro de conocimiento a nivel internacional.

Metas específicas:

- (1) Contar con una entidad permanente y con un equipo técnico dedicado, responsable de analizar, generar, monitorear y actualizar planes de desarrollo estratégico de largo plazo, en torno a misiones de alto valor vinculadas a los desafíos estratégicos del sector geo-minero-metalúrgico y de la definición de una estrategia que tome en cuenta al ecosistema de I+D+i y producción en su conjunto.

- (2) Fortalecer la articulación, coordinación, trabajo en red y complementariedad entre los distintas acciones e iniciativas público-privadas.
- (3) Consolidar el rol de la Corporación Alta Ley como articulador público-privado neutral (*honest broker*), para orientar, diseñar, coordinar, articular la implementación y monitorear las acciones asociadas a las misiones y HdR, evitando la fragmentación de las iniciativas, incrementando la coherencia del conjunto de esfuerzos y aprovechando las sinergias para un mayor impacto en el desarrollo del ecosistema de innovación intensivo en conocimiento en el país
- (4) Fortalecer capacidades y la cultura de innovación en el país, de trabajo en red y colaboración como factor fundamental para adaptarse a las condiciones cambiantes del entorno, mejorar la competitividad y contribuir al crecimiento del sector.
- (5) Definir y consolidar un sistema y modelo de financiamiento de largo plazo para el accionamiento de los planes, estrategias e iniciativas consensuadas por el ecosistema en las hojas de ruta y la política nacional de minería, así como para la promoción internacional de proveedores nacionales y el apoyo necesario para la consolidación de iniciativas estratégicas en curso (Eleva, Expande, Interop, entre otros nacidos al alero de los Programas Estratégicos Nacionales de CORFO, específicamente del Programa Nacional de Minería Alta Ley, y al que se suma el Programa Estratégico Clúster Minero de la Región de Antofagasta).
- (6) Fortalecer los niveles de contenido local como factor de competitividad y desarrollo; que lleve a un aumento de la participación de capacidades locales y nacionales en proyectos de inversión minera y de faenas en operación impulsando un desarrollo económico más equitativo e inclusivo, que incluya el fortalecimiento de la red de proveedores locales, regionales y nacionales y en general de todo el ecosistema de I+D+i del sector geo-minero-metalúrgico.
- (7) Profundizar los encadenamientos con proveedores internacionales con operaciones en Chile, aumentado con ello las capacidades locales, los niveles de colaboración y la inserción en cadenas globales de valor.
- (8) Impulsar y desarrollar la internacionalización y exportación de proveedores mineros en Latino América y el mundo, proceso que esté a cargo de entidades especializadas y concededoras del sector geo-minero-metalúrgico y los mercados internacionales.
- (9) Comprender a cabalidad y con evidencia las razones del insuficiente desempeño innovador del ecosistema minero en Chile, tanto desde la perspectiva de la oferta de capacidades científico-tecnológicas, como de la demanda de I+D e innovación de las empresas mineras y de la efectividad de los esfuerzos históricos, y proponer nuevos mecanismos e iniciativas donde converjan los intereses de todos los actores.

3. Descripción de componentes

A. Capacidad permanente de planificación estratégica en torno a misiones o desafíos del sector geo-minero-metalúrgico

Se propone reforzar la capacidad de planificación, monitoreo y actualización del sector geo-minero-metalúrgico, a través de la creación de capacidad permanente de planificación estratégica en torno a misiones o desafíos estratégicos del sector, y a partir de los cuales se definan hojas de ruta para abordarlos en coordinación con los actores del ecosistema.

Si bien existen diversas opciones para materializar estas capacidades en un arreglo institucional viable, destaca como la configuración más idónea para el logro de los objetivos, que la Unidad de Desarrollo Minero del Ministerio de Minería complemente sus capacidades con la creación de una sub-unidad o grupo especializado en innovación, prospectiva tecnológica y desarrollo estratégico permanente del ecosistema minero del futuro, que se apoye en las capacidades técnicas de la Corporación Alta Ley como entidad de implementación.

Esta sub-unidad ministerial deberá constituir una estructura liviana y permanente con capacidades técnicas especializadas en: innovación tecnológica, I+D+i, desarrollo estratégico de ecosistemas del futuro, desarrollo del capital humano avanzado necesario, y todas aquellas que sean necesarias para definir las misiones de alto valor vinculadas a los principales desafíos del sector geo-minero-metalúrgico; y cuyo rol será encargarse de la formulación de políticas públicas, establecimiento de prioridades y definición de los recursos financieros y humanos para alcanzar los objetivos estratégicos sectoriales.

Para el cumplimiento de estos fines, la Unidad de Desarrollo Minero y su sub-unidad especializada, podrán apoyarse en las capacidades técnicas y de ejecución de la Corporación Alta Ley para: la ejecución de estudios especializados, orientación y diseño de hojas de ruta, diseño de programas, articulación, coordinación y desarrollo de iniciativas colaborativas, monitoreo y evaluación del ecosistema y las políticas implementadas, entre otros; así como en su gobernanza representativa del ecosistema minero y sus diversos actores, para la definición de prioridades.

Asimismo, es fundamental que esta unidad y su sub-unidad cuenten con un presupuesto de base para las acciones de articulación del sistema, y ejecución de sus iniciativas prioritarias y aquellas con carácter de bien público. En la misma línea, resulta relevante una coordinación cercana con las entidades del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, a fin de apalancar recursos tanto privados como públicos para la ejecución del portafolio consensuado en sus planes estratégicos y hojas de ruta desarrolladas.

Por otra parte, se deben considerar las competencias y facultades indelegables de los ministerios en materias de planificación y regulación. Por ello, la responsabilidad del cumplimiento de los objetivos de esta Unidad le corresponderá al Ministerio de Minería, a través de su Subsecretario.

La implementación de las iniciativas o acciones que se identifiquen para el desarrollo de las misiones podrán ser impulsadas por otros actores especializados del ecosistema. Por consiguiente, la unidad de planificación operaría como una organización de “segundo piso”, en coordinación con otros actores especializados del ecosistema que jueguen este rol.

Entre los temas que deben ser abordados por este equipo se destacan los siguientes: (i) Desarrollo de hojas de ruta para los desafíos estratégicos del sector minero, más allá de aquellas tecnológicas

y de I+D+i elaboradas en la actualidad por la Corporación Alta Ley; (ii) Diseño, coordinación y asignación de financiamiento para la implementación de las hojas de ruta elaboradas por la unidad y la Corporación Alta Ley; (iii) Desarrollo de los planes para la internacionalización de proveedores y estrategias de encadenamientos productivos; (iv) Monitoreo de condiciones del ecosistema y benchmark internacional; (v) Desarrollo de los planes y estrategias para el desarrollo de una pequeña y mediana minería avanzada; (vi) Desarrollo de los planes y estrategias para el desarrollo de capital humano y capacidades de I+D+i; y (vii) Desarrollo de propuestas de mejoramiento regulatorio y de capacidad institucional habilitante.

Para materializar este diseño institucional se deberán concretar dos pasos específicos:

1. Presentación, por parte del Ministerio de Minería, de una Iniciativa Programática ante DIPRES, para la creación de la sub-unidad detallada para la Unidad de Desarrollo Minero del Ministerio, su aprobación *ex ante*, consecuente inclusión en la ley de presupuesto, y posterior negociación con la unidad ejecutora (Corporación Alta Ley).
2. Firma de un Convenio de Colaboración con traspaso de recursos entre el Ministerio de Minería y la Corporación Alta Ley (unidad ejecutora y receptora de los recursos) –de manera análoga a aquel existente entre el Ministerio de Agricultura y el Fondo de Innovación Agraria.

Las estrategias elaboradas por este equipo deben incluir la definición de una visión compartida para el desarrollo del sector, la cual debe integrar y conciliar las distintas miradas de los diversos actores de la industria minera. Por ello, se propone que la estrategia, incluyendo visión y planes sean revisados por el Consejo Directivo de la Corporación Alta Ley, con el apoyo de su Consejo Estratégico y de expertos asociados a temas o desafíos específicos en caso de requerirse. Asimismo, el Consejo Directivo de Alta Ley constituirá la primera instancia de coordinación y articulación con el ecosistema minero para el financiamiento y accionamiento de los planes e iniciativas planteados al mismo.

La composición del Consejo Directivo de Alta Ley y sus consejos asesores deben contar con un alto nivel de representatividad del sector minero, sus recomendaciones deben guiarse por criterios y juicios técnicos con alto nivel de excelencia y debe operar bajo los más altos estándares de transparencia.

B. Articulación de iniciativas público-privadas y apoyo al desarrollo de bienes públicos de excelencia para el desarrollo del ecosistema de I+D+i y tecnologías

Este componente busca fortalecer permanentemente la capacidad del ecosistema de innovación del sector geo-minero-metalúrgico a través del apoyo al desarrollo de las iniciativas estratégicas de I+D+i y generación de bienes públicos y esfuerzos público-privados. Al igual que en la componente anterior, se deben considerar las competencias y facultades indelegables de los ministerios en materias de planificación y regulación. Por ello, la responsabilidad del cumplimiento de los objetivos de esta Unidad le corresponderá al Ministerio de Minería, a través de su Subsecretario, y en coordinación con la Corporación Alta Ley como responsable de la orientación, diseño, articulación y ejecución.

De esta forma, se propone fortalecer el trabajo de la Corporación Alta Ley como entidad coordinadora y articuladora del desarrollo de las HdR, incluyendo la definición de acciones para

crear las capacidades tecnológicas y de innovación requeridas (capacidades técnicas y/o tecnológicas basales, capital humano avanzado, capacidades de I+D en temas específicos, etc.).)

Entre otros aspectos, se proponen las siguientes áreas de trabajo: (i) Apoyar a la Unidad de Desarrollo Minero y su sub-unidad/equipo definido en la componente anterior, en la definición de estrategias de financiamiento para impulsar el desarrollo de hojas de ruta críticas para el sector, y lograr su implementación; (ii) Desarrollar las capacidades basales en el ecosistema para poder monitorear y analizar el aporte de las iniciativas bajo un enfoque integrado. Esto supone establecer métricas de monitoreo como un sistema y no sólo desde el desempeño individual de las iniciativas; (iii) Identificar y promover espacios de colaboración e integración de esfuerzos, cruciales para un crecimiento permanente de las capacidades del sector; y (iv) Evitar la fragmentación y desconexión de iniciativas, e impulsar una agenda de trabajo conjunto para un mayor impacto.

C. Fortalecimiento del contenido local y los encadenamientos con grandes proveedores internacionales

Este componente busca fortalecer el contenido local⁴ y los encadenamientos productivos a nivel nacional y regional con los grandes proveedores internacionales que operan en Chile, que permita una mayor participación de capacidades y proveedores locales en los proyectos de inversión y las faenas en operación.

Para fortalecer el ecosistema de I+D+i nacional y regional, es necesario crear condiciones e incentivos para que los grandes proveedores internacionales (OEMs) que dominan las cadenas de valor globales y el cambio tecnológico, creen espacios efectivos para integrar las capacidades locales de trabajadores, proveedores, universidades y centros tecnológicos para que participen en el desarrollo de nuevas soluciones y/o apoyen la transferencia tecnológica, contribuyendo con ello a la sofisticación de los encadenamientos con el ecosistema nacional, aumentando el nivel de contenido local y aportando la internacionalización de la industria nacional.

Entre otros aspectos que se deben considerar destacan los siguientes: (i) Métricas de contenido local y revisión de experiencias internacionales; (ii) Políticas, estándares y experiencias de compra de las grandes mineras; (iii) Políticas de proveedores internacionales para apoyar los encadenamientos locales y fortalecimiento del contenido local; (iv) Políticas e incentivos gubernamentales para el fomento y fortalecimiento del contenido y los encadenamientos locales.

D. Fondo para la internacionalización y promoción de las exportaciones del sector de proveedores de la minería chilenos

Se propone crear un programa y fondo de internacionalización y promoción del sector proveedores de la minería con activos productivos en Chile y con foco en proveedores de base tecnológica o intensivos en conocimiento. De esta forma, se busca contribuir al desarrollo exportador de país y su

⁴ Por “contenido local” se entenderá en este documento a toda empresa cuya operación, fabricación, diseño e ingeniería, I+D+i de equipos, insumos y servicios para la industria minera, se encuentre en Chile, incluyendo idealmente de capitales nacionales, pero no exclusivo.

diversificación, todo esto en el marco de la política de inserción internacional del país y de acuerdo con las normas internacionales.

Se entenderá por desarrollo exportador: (i) Incremento de las exportaciones; (ii) Diversificación de las exportaciones, con foco en las exportaciones de productos y servicios intensivos en conocimiento e innovadores; (iii) Incorporación de nuevas empresas al proceso exportador.

El programa debe permitir generar acciones específicas que permitan facilitar la incorporación de las empresas proveedoras, que incluya capacitación y acompañamiento en el proceso de internacionalización. La experiencia muestra que no todas las empresas que exportan tienen claridad del objetivo y meta que quieren lograr con la internacionalización y tampoco tienen claridad de las capacidades y recursos que un esfuerzo de internacionalización demanda. Por ello, antes de iniciar cualquier proceso de internacionalización, es importante identificar las brechas y realizar un diagnóstico. Es necesario además trabajar en cambiar la cultura del proveedor minero chileno para que aspire a convertirse en un proveedor internacional/ global (o de clase mundial) y no solo de la gran minería nacional.

También hay que considerar que las empresas puedan realizar iniciativas asociativas y colaborativas que les permitan potenciar la oferta (grupos de empresas) y de esta forma exportar e internacionalizarse. Adicionalmente, el programa apoyará a las empresas a buscar alianzas estratégicas en los mercados de destino – socios locales – para abrir oficinas/fábricas en los mercados de destino.

Es necesario analizar qué tipo de empresas deberían participar en este Programa y considerar a las pequeñas y medianas empresas en base a un criterio internacional (en Europa una pyme factura menos de 50 millones de euros, en Australia una pequeña empresa se define como aquella con Ingresos anuales de entre \$ 250.000 a \$ 10 millones en el año fiscal), que permita incorporar empresas que tengan las capacidades económicas y de gestión para abordar las complejidades de internacionalizarse. Para empresas más pequeñas podría pensarse en elaborar programas de pre - internacionalización – con planes de capacitación y entrenamiento coordinados con Corfo/Sercotec.

Entre los propósitos del programa se destacan los siguientes:

- Que los agentes económicos de los mercados internacionales reciban información oportuna, pertinente y de alta calidad sobre el sector proveedor minero chileno, sus productos, servicios y empresas, facilitando la difusión de la información. Este programa debería incluir la generación de información del sector, sobre las empresas chilenas y su oferta.
- Concentrar esfuerzos en promover una imagen país robusta respecto de la calidad, experiencia y diversificación de los proveedores mineros chilenos, como opciones de clase mundial (tal como se hace con respecto al mundo agro y turismo)
- Que las empresas proveedoras de la minería chilenas tengan acceso a información y conocimientos actualizados y pertinentes y de alta calidad, sobre las características y condiciones de los mercados, y consumidores extranjeros.
- Que las empresas proveedoras de la minería y sus organizaciones gremiales desarrollen sus capacidades para hacerse crecientemente responsables de la promoción de sus exportaciones. Aquí enlaza con lo del cofinanciamiento de las actividades

- Que las pequeñas y medianas empresas del sector proveedor minero cuenten con capacidades y experticia que les faciliten y permitan la inserción en los mercados externos.
- Se propone que el programa focalice en una primera etapa acciones en países latinoamericanos, como Perú, Ecuador, Brasil, Colombia, México. Incluso para proveedores que ya tienen una oferta más sofisticada y capacidades también deberían realizarse acciones en mercados como Australia, Canadá y Sud África

Se deben estudiar distintas opciones de fuentes de recursos para crear el fondo y programa, siendo una de ellas recursos asignados por la Ley de Presupuestos al Ministerio de Minería, para ser transferidos a la Corporación Alta Ley para su administración y gestión.

Para llevar adelante esta función Alta Ley tendrá que conformar un Comité que esté integrado por representantes del sector público y privado para la toma de decisiones sobre la asignación de recursos y la selección de proyectos a financiar, permitiendo orientar las iniciativas del Fondo a las necesidades reales de las empresas del sector proveedor de la minería.

El Programa debe considerar que el financiamiento público se adapte a las necesidades de cada empresa y se diseñen acciones que beneficien a los distintos tipos de empresas – start up, pymes, empresas de base tecnológica. El programa debe ser flexible y tomar en consideración que las empresas evolucionan y cambian de manera constante. Así, se deben ir creando nuevas herramientas e instrumentos especializados en esta materia.

El Programa debe además considerar (al igual que el fondo silvoagropecuario) entregar apoyo financiero a organizaciones empresariales que estén desarrollando proyectos concretos de internacionalización de sus socios - no solo se debe promover la internacionalización en las empresas, sino también apoyar iniciativas y acciones concretas que han tenido resultados, y que están realizando instituciones de nuestro país que buscan contribuir a este mismo objetivo.

El Fondo Silvoagropecuario: Esta iniciativa fue creada el año 1985 y desde esa fecha forma parte del Presupuesto del Ministerio de Agricultura, que transfiere los recursos a ProChile para su gestión y administración. Los montos anuales han bordeado los \$4 mil millones. En los últimos ocho años ProChile ha apoyado más de 2.335 iniciativas, lo que se traduce en un aporte público superior a los \$26 mil millones (provenientes del Min Agricultura).

Este año 2020, los aportes bordean los \$2.600 millones, tomando en consideración la situación de la crisis económica que afecta al país, y se consideró que era un apoyo fundamental especialmente para las pequeñas y medianas empresas exportadoras (Pymex) en esta situación. Es un instrumento flexible, que se adapta a las necesidades planteadas por cada empresa. Además, se consideró que era un aporte concreto a la reactivación económica del país, ya que fortalece su estrategia de internacionalización. El concurso está dirigido especialmente a las pequeñas y medianas empresas exportadoras de todo el país, también pueden postular corporaciones, fundaciones, asociaciones, federaciones y/o confederaciones que asocien a personas jurídicas o naturales y que sean representativas de un sector silvoagropecuario.

Además, el programa buscará estimular la inversión privada como un complemento a la promoción de exportaciones y buscando mecanismos de cofinanciamiento, que también generen un mayor compromiso de las empresas.

Es importante que este programa recoja los aprendizajes de experiencias históricas. Por ejemplo, mediante un financiamiento otorgado por FIE entre el año 2016 a 2018, se llevó a cabo un proyecto que buscaba desarrollar una estrategia para la exportación del sector de bienes y servicios de la minería y que contó con un financiamiento de \$1.400 millones, recursos que fueron entregados al Ministerio de Minería. Esta experiencia dejó varios aprendizajes, por ejemplo: (i) El diseño no contó con mucha participación de los proveedores, solo se constituyó un comité asesor integrado por representantes de organizaciones empresariales vinculadas al sector proveedor minero que solo fue citado en un par de ocasiones lo que afectó el proceso de selección de mercados y de la oferta chilena que debía haber sido promocionada; (ii) ProChile creó una unidad específica de Minería con un jefe de departamento y dos profesionales para gestionar el proyecto, pero que sólo contó con 10 meses para desarrollar la estrategia, contratar al personal especializado en los mercados definidos como prioritarios (Perú, Australia, Canadá y Estados Unidos) y realizar el conjunto de actividades definidas en la etapa de desarrollo. No fue posible mostrar resultados concretos ya que como sabemos la dinámica del sector y los tiempos para cerrar negocios son de largo aliento; y (iii) A nivel regional el FNDR puede apoyar actividades de apoyo para la internacionalización de proveedores, sin embargo no siempre hay coordinación entre regiones, lo que lleva a duplicar los esfuerzos, generan confusión los mercados de destino, tienden a generar un bajo impacto y se trabaja en ocasiones con empresas que no tienen la capacidad efectiva de internacionalizarse.

E. Visibilizar el esfuerzo de I+D+i en el ecosistema minero en Chile

El propósito de visibilizar los esfuerzos de I+D+i del sector minero es doble, por una parte, busca generar mayor conciencia de la oportunidad que representa la minería para el desarrollo de una economía de base tecnológica e intensiva en conocimiento. También tiene como propósito contar con información valiosa que ayude a impulsar el desarrollo del ecosistema de innovación, generando mejoras en la productividad y competitividad del sector.

Para visibilizar los esfuerzos de I+D+i del sector minero se proponen 2 iniciativas:

i. Sistema de información y registro de los esfuerzos de I+D+i y Premio a la Innovación en Minería

Se trata de implementar un mecanismo de reporte de las compañías mineras y de sus proveedores al Ministerio de Minería y la implementación de un Premio Anual a la Innovación en Minería, coordinado con Consejo Minero, Sonami, Aprimin, Minnovex, Corfo y representantes de universidades y centros tecnológicos, con el fin de visibilizar los esfuerzos de las empresas en modelos de innovación cerrada o abierta en colaboración actores del ecosistema como proveedores, centros de innovación o universidades, ya sea en innovaciones incrementales o disruptivas. Este tipo de iniciativa puede ser parte del mandato de la Corporación Alta Ley

Tal como se ha instalado en la industria la visión compartida de cero daño en Salud y Seguridad Ocupacional, el propósito de esta iniciativa es promover el benchmarking, mostrar casos de éxito para incentivar la innovación y la colaboración, y promover una cultura de innovación y de respeto a la propiedad intelectual.

ii. Promover la realización de una Conferencia Internacional bienal sobre Minería del Futuro

Se trata de congregar a los actores mundiales que están generando nuevo conocimiento y soluciones disruptivas para una minería productiva y sostenible, para generar convergencia tecnológica y redes de colaboración de alto impacto, a la vez que posicionar a Chile como un centro de conocimiento minero.

Un Conferencia Internacional realizada cada 2 años en el país permitiría también posicionar a actores nacionales que está haciendo desarrollos científicos y tecnológicos de excelencia en universidades, centros de investigación, en empresas proveedoras y en las propias mineras.

F. Revisión histórica del desempeño del ecosistema de innovación minero en Chile y propuesta de mejoras y de políticas que eviten los riesgos de decaimiento y/o colapso

Se propone contratar/licitar un estudio que realice una revisión histórica del ecosistema de innovación en minería en Chile, incluyendo un análisis de las políticas públicas de apoyo al I+D+i y de las iniciativas de centros de investigación y centros tecnológicos que no han logrado consolidarse y sobrevivir en el tiempo, así como los elementos clave del comportamiento en innovación de las empresas mineras que operan en Chile (tanto de capitales nacionales como internacionales) y un análisis comparativo internacional en países mineros para encontrar las mejores prácticas internacionales que puedan aplicarse para mejorar el desempeño país.

Se debería incluir en el análisis, al menos:

- Las experiencias de INTEC y el CIMM como institutos tecnológicos públicos, los que luego de varios cambios de estrategia fueron cerrados.
- la experiencia del programa de centros internacionales de I+D+i de Corfo en minería, en el que se apoyó a CSIRO en 2011, quien luego de 7 años de operación, renunció al programa y decidió no continuar con su ámbito minero; y al Sustainable Minerals Institute de la Universidad de Queensland en 2014, el que se encuentra en su segunda de tres etapas del programa, con dificultades para conectar su oferta con las expectativas de las empresas mineras.
- los centros de investigación aplicada e innovación asociados a Codelco, desde la creación de IM2, Biosigma y Codelco Lab, fusionados en la figura de CodelcoTec en 2016 y cerrado a inicios de 2020; el Centro de Investigación de Minería Sustentable de JRI y otros asociados al sector.
- los esfuerzos de centros y programas de investigación apoyados por la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ex Conicyt), como el AMTC de la Universidad de Chile, o el CICITEM de las Universidades Católica del Norte y de Antofagasta, el programa de sensorización espectral en minería de la Universidad de Concepción, el programa de data science en minería de la Universidad Católica, entre otros.
- los esfuerzos relacionados a las iniciativas estratégicas correspondientes a la primera generación de proyectos del Programa Alta Ley, análisis de su evolución, y lecciones aprendidas tras su diseño (gobernanzas, licitaciones, definición y/o ausencia de modelos de negocios, etc.), implementación y desarrollo en general.

Impulso 2: Fortalecer el sistema de financiamiento a la investigación, desarrollo e innovación en el ecosistema minero chileno.

Preparado por Marcela Angulo y con la colaboración de José Miguel Benavente, Pamela Chávez, Fernando Lucchini, José Tomás Morel, Nancy Pérez, Juan Rayo, Javier Ruiz del Solar y Mauro Valdés

1. Diagnóstico

- Se requiere más conocimiento aplicado para abordar las crecientes complejidades productivas y sociales que debe enfrentar la minería: Los desafíos asociados a la caída de las leyes, las exigencias ambientales, el cuidado de la biodiversidad, la seguridad, el combate al cambio climático y las demandas por inclusión han llevado a definir la mina del futuro como una organización con un mayor acento en el desarrollo tecnológico.

Es así como la revolución industrial 4.0 y la revolución de las tecnologías para la sostenibilidad están presentes hoy en las estrategias de todas las grandes empresas mineras y en muchos de sus proveedores. Esta es, sin duda, una de las principales oportunidades y singularidades de nuestro país; Chile de la mano de su minería puede avanzar hacia una transformación productiva más intensiva en conocimiento y que, a su vez, fortalezca la competitividad del principal sector productivo de Chile, si se cuenta con un marco institucional que lo impulse.

- Existe un creciente consenso del potencial catalizador de innovación de la minería: Recientes iniciativas público-privadas han logrado consenso en cuanto al gran potencial del sector minero de ser un catalizador del desarrollo del ecosistema de innovación y emprendimiento en Chile. Estas iniciativas, aunque direccionalmente muestran un compromiso mayor con la innovación, requieren mayor escala para consolidarse.
- La paradoja, una mejor institucionalidad de innovación no se ve reflejada en un mayor esfuerzo: Chile ha avanzado en las últimas décadas en conformar la institucionalidad y los mecanismos de apoyo a la investigación, desarrollo e innovación, pero nuestro país aún exhibe pobres resultados en los principales indicadores del desempeño innovador, tal como lo muestran las estadísticas de la OCDE y el Global Innovation Index. Chile viene perdiendo posiciones y sus resultados más débiles se dan en capital humano e investigación, en conocimiento y resultados de tecnología, en resultados creativos, y facilitación de la creación de mercados del mañana.
- La innovación abierta es un motor de innovación a nivel global y solo incipientemente a nivel local: Si bien la Industria Minera es a nivel mundial uno de los sectores con más bajo esfuerzo de innovación, no sucede lo mismo a nivel del Sector Minero (compañías mineras y sus proveedores). Si se agregan a los esfuerzos de las compañías mineras aquellos impulsados por sus proveedores, algunas veces en colaboración con las mineras, la minería presenta un perfil bastante más innovador.

Sin embargo, esta dinámica que sucede a nivel mundial no se presenta con la misma intensidad en nuestro país. De hecho, el sector minería (minas y canteras) se posiciona en lugar 15 de 18 sectores en el indicador de intensidad de gasto en I+D a nivel nacional.⁵ Desde la perspectiva de las patentes, Chile tiene una baja participación a nivel mundial y se observa una pérdida de vigor

⁵ Boletín Nivel e Intensidad de Gasto en I+D de las Empresas en Chile, División de Innovación. Julio, 2018

de la innovación en minería en el país en la última década, con lo cual ha perdido posicionamiento en la reciente ola de innovación minera mundial en temas como automatización, medio ambiente, procesos metalúrgicos, refinación u otros ⁶.

- Inconsistencia dinámica y focos estratégicos erráticos en la política pública: En la historia reciente, la gran mayoría de las iniciativas destinadas a apoyar a instituciones que representan la oferta tecnológica han enfrentado dificultades asociadas a la discontinuidad de las políticas públicas y a las definiciones estratégicas de sus mandantes (inconsistencias dinámicas). También han tenido problemas para asegurar la orientación a las necesidades efectivas de los sectores a los que buscan atender, a las limitadas demandas por innovaciones más disruptivas, a las inflexibilidades propias de la institucionalidad pública y, sobre todo, problemas para asegurar el financiamiento que les permita la sustentabilidad de largo plazo.
- Factores locales como barreras a la innovación en las empresas mineras: Desde la perspectiva de la demanda, existen variados factores que pueden explicar la baja demanda por I+D+i en las mineras que operan en Chile; entre ellas, que el sector es conservador por los altos riesgos operacionales y financieros que implica la adopción de nuevas tecnologías, que las mineras internacionales privilegian el desarrollo de I+D+i en alianza con entidades de reconocido liderazgo internacional y sin participación de los actores del sistema de innovación local, que las empresas mineras locales tienen incentivos de producción de corto plazo que dificultan que la innovación se instale como un elemento relevante para los directivos y mandos medios de las compañías, o que la relación entre mineras y sus proveedores ha sido históricamente transaccional y de poca co-creación. A esto se suma una cultura de baja colaboración y confianza en el país y poco respeto a la propiedad intelectual. Adicionalmente, las empresas internacionales con operaciones en Chile, no tienen incentivos para el desarrollo de innovaciones de impacto a nivel local y privilegian los desarrollos en otros entornos más avanzados tecnológicamente.
- El espíritu del royalty a la minería, financiar I+D+i, se cumple solo parcialmente: En relación con el financiamiento de la innovación, en el año 2005 se instauró el impuesto específico a la actividad minera, conocido también como el royalty a la minería, con el objeto de destinarlo a la innovación, de modo que el país pudiera diversificar sus opciones de desarrollo productivo futuro. Ese fue el compromiso explícito cuando se fijó el royalty que con el tiempo ha ido perdiendo fuerza.

Del total de la recaudación, un promedio de MMU\$ 230 anuales se han destinado al financiamiento de la I+D+i mediante el Fondo de Innovación para la Competitividad, FIC, que aporta recursos a nivel central (Corfo, ANID-ex Conicyt) como al nivel regional (FIC Regional). No obstante lo anterior, un estudio detallado del uso dichos fondos a través de los años muestra que muchos de ellos se han destinado a actividades con diferentes objetivos a los planteados para el fondo⁷. De esta forma, el espíritu original no se ha cumplido a cabalidad, pues gran parte de la recaudación se destina a otros gastos corrientes. Las evaluaciones de impacto (evaluaciones ex post EPG-DIPRES) de los programas de I+D+i que han recibido aportes de lo

⁶ Mining patent data: Measuring innovation in the mining industry with patents, World Intellectual Property Organization. May, 2019.

⁷ https://www.dipres.gob.cl/597/articles-205715_r_ejecutivo_institucional.pdf

recaudado por el royalty minero son limitados y no existe un sistema que facilite el monitoreo y aprendizaje oportuno para asegurar un uso más efectivo de los recursos.

- Las posibilidades de diversificación y sofisticación productiva se dan desde sectores vinculados a la minería: Cabe señalar que la diversificación de las economías, especialmente en países con alta preponderancia de industrias basadas en recursos naturales, no se lleva a cabo a través del desarrollo de sectores productivos completamente desvinculados con el patrón productivo actual, observándose un caso análogo en la canasta exportadora de dichos países. Tanto la teoría como la evidencia sugieren que los saltos de un sector productivo a otro solo se pueden lograr en base a las capacidades existentes, en lo que se ha denominado “el adyacente posible” (Hausmann, Hidalgo y Barabási, 2007; Trejo et al. 2014; Andersen et al. 2015). Adicionalmente, la escala del sector a nivel local y el nivel de capacidades productivas y tecnológicas instaladas, son determinantes de las posibilidades de transferencia, absorción, adaptación e innovación tecnológica. Por ello, el sector minero presenta una de las mejores y más concretas alternativas para impulsar una transformación hacia sistemas productivos más intensivos en conocimiento.
- Existen hojas de ruta para una agenda de innovación pero sin financiamiento adecuado: Recientes iniciativas como el Programa Nacional de Innovación en Minería, convertido hoy en la Corporación Alta Ley, dependiente del Ministerio de Minería, logró consensuar una Hoja de Ruta al 2035, con una cartera de proyectos prioritarios que fueron cofinanciados por Corfo y por el Fondo de Inversión Estratégica, FIE, creado por el Ministerio de Economía, conformando un portafolio de iniciativas de importante envergadura y alto impacto potencial. Sin embargo, luego de un primer ciclo de proyectos, y si bien con un segundo portafolio definido en la actualidad, no se han logrado financiar y adicionar nuevas iniciativas estratégicas ni asegurar la correcta continuidad de las primeras. La Corporación Alta Ley ha sido capaz hasta ahora de sostener el esfuerzo, el relato y el capital social para estos propósitos, aunque no haya tenido aún el éxito deseado en cuanto a la estabilidad del financiamiento del esfuerzo.
- La PNM2050 una nueva oportunidad: La política minera 2050 es una oportunidad de sentar las bases de una nueva estrategia, con un financiamiento adecuado y mecanismos innovadores, que finalmente logre instalar al sector minero como un impulsor de innovación y emprendimiento que aporte a la productividad, sustentabilidad y competitividad internacional de la minería nacional, que induzca la creación de un robusto ecosistema de proveedores de la minería que logren exportar sus productos y servicios sofisticados a otros países, y al mismo tiempo genere externalidades positivas a otros sectores productivos nacionales y al conjunto del país.

2. Objetivos del Impulso Estratégico

Objetivos generales:

- Proponer un nuevo marco de financiamiento a la innovación en el ecosistema minero nacional que asegure alineamiento de intereses y consistencia de largo plazo, a fin de lograr alto impacto para el país mediante esfuerzos colaborativos para el desarrollo de bienes públicos y bienes club, y nuevos mecanismos de financiamiento a la innovación apropiable en escalamiento de tecnologías para la minería.

Metas específicas:

- (1) Promover el uso del royalty minero de forma íntegra a I+D+i, asignando el remanente de recaudación -unos MMUSD244 adicionales anuales - a programas de Bienes Públicos, Bienes Club, Innovación apropiable para temas transversales y multisectoriales, en áreas de investigación e innovación orientadas por misión
- (2) Crear un mecanismo de asignación de recursos para realizar I+D+i en torno a desafíos colectivos e individuales del sector minero y de escalamiento de tecnologías para la minería, que sea administrado por una gobernanza sectorial establecida para dicho fin.

3. Descripción de componentes

A. Promover el uso del royalty minero de forma íntegra a I+D+i para fortalecer el financiamiento a la innovación, con estrategias orientadas por misión y con especial atención en el ecosistema minero.

Se propone asignar el remanente de recaudación -unos MMUSD244 adicionales anuales - a programas de Bienes Públicos, Bienes Club, Innovación apropiable para temas transversales y multisectoriales, en áreas de investigación e innovación orientadas por misión.

Se trata de inyectar nuevos recursos a aquellas áreas estratégicas para el país, donde se requiere sostener un esfuerzo de I+D+i y de formación de capital humano de largo plazo, de modo de lograr masa crítica y acumulación de conocimiento para tener un verdadero impacto y transformaciones profundas.

El reciente informe de productividad del Fondo Económico Mundial (dic 2020) da cuenta sobre las debilidades de Chile para en los esfuerzos de transformación económica. Nuestro país está particularmente al debe en “incentivar y ampliar inversiones en investigación, innovación e invención para que puedan crear nuevos ‘mercados del mañana’”, así como en “facilitar la creación de ‘mercados del mañana’, especialmente en áreas que requieren colaboración público-privada”.

Esta propuesta se alinea con las recomendaciones de la Estrategia Nacional de Innovación 2018, que coordinó el Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo, CNID, que incluyeron incrementar y diversificar las fuentes de financiamiento, movilizándolo e incentivando una mayor inversión del sector privado, junto a un mayor aprovechamiento de los recursos públicos, a la vez que concentrar esfuerzos en grandes retos nacionales que permitieran dar masa crítica y proyección a los esfuerzos de innovación.

Así también, es consistente con la recientemente publicada Política Nacional de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, la primera elaborada en el marco de la nueva institucionalidad del sector, que plantea el camino para el fortalecimiento del ecosistema nacional.

Lo anterior puede ser ejemplificado por el espíritu de la Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde, que se define como una política orientada por misión, en la forma de un esfuerzo público-privado-academia-sociedad civil de carácter multisectorial y transversal de largo plazo destinado a posicionar a Chile como un líder mundial en la producción, uso y exportación de este combustible del futuro, que requerirá recursos importantes para crear las capacidades científico-tecnológicas y

activar la innovación y la inversión privada. Sin embargo, aún no se ha entregado ningún financiamiento para que el espíritu de esta estrategia nacional se traduzca en esfuerzos e inversiones concretas.

De particular relevancia para una estrategia orientada por misión para lograr una minería productiva y sustentable, será considerar prioridades tales como:

- La formación de capital humano avanzado, tanto para reforzar las capacidades de investigación en la academia como para su inserción en el sector productivo y el Estado.
- La formación de capital humano especializado en gestión tecnológica para la minería, lo cual es crucial para el diálogo entre la academia y la industria, así como para el escalamiento de tecnologías que surgen como resultados de investigación y desarrollo.
- El financiamiento de largo plazo de grupos e iniciativas de I+D+i asociativos, o centros de investigación y desarrollo para abordar las tecnologías de la minería del futuro.
- El financiamiento de base para mantención y desarrollo de capacidades de los Centros de Pilotaje para la Minería que dan apoyo a los proveedores y start ups del ecosistema minero en la validación de sus soluciones tecnológicas.

Todos los esfuerzos de apoyo a la innovación y desarrollo del ecosistema productivo y tecnológico deben estar asociados a programas, proyectos o esfuerzos específicos que definan con claridad su contribución al desarrollo de las misiones y que estén acompañados de sistemas robustos de monitoreo, evaluación y actualización de los esfuerzos para garantizar una adecuada asignación y uso de los recursos.

B. Fondo de Innovación del Ecosistema Minero

Se propone crear un mecanismo de asignación de recursos para realizar I+D+i en torno a desafíos colectivos del sector minero y de escalamiento de tecnologías para la minería, que sea administrado por una gobernanza sectorial establecida para dicho fin.

Esta propuesta es consistente con el principio de la falta de incentivos para desarrollar conocimiento que puede ser beneficioso para el sector en su conjunto, pero que ninguna empresa está dispuesta a financiarlo individualmente o porque las compañías prefieren apoyar la innovación que se desarrolla a nivel internacional en vez apoyar los esfuerzos locales. Ello ya que existen problemas asociados a la apropiación completa de los beneficios para quienes individualmente desarrollan este nuevo conocimiento o porque no existen incentivos para impulsar innovaciones en sistemas de innovación que no están maduros. La literatura sugiere, en consecuencia, la obligación en el financiamiento por todos los potenciales beneficiados en base a un mecanismo de compromiso regulado para evitar comportamientos oportunistas de algunos (Romer 1993). El cobro de un impuesto a todos los pertenecientes al sector coordinados por el Estado es una alternativa o bien, dado la institucionalidad chilena, el uso de una proporción del royalty minero o un alza a éste, pero

donde los recursos recolectados se orienten a generar conocimiento relevante para todos los vinculados con el tributo.

En primer lugar, se debe analizar a las posibilidades de modificar los tributos de la minería sin afectar la competitividad de la industria y que a su vez la modalidad de uso de esos fondos genere incentivos para la innovación que impulse una transformación productiva hacia actividades más intensivas en conocimiento.

Se propone estudiar la creación de un Fondo de Innovación del Ecosistema Minero con 2 módulos:

- a. Un Fondo de Bienes Públicos, Bienes Club e Investigación tecnológica precompetitiva asociativa para desafíos colectivos del sector:

Se trata de promover iniciativas asociativas o consorciadas entre empresas mineras, proveedores, centros de investigación y universidades, para financiar programas cuyos resultados quedan disponibles ampliamente para su uso por todo el sector o el propio Estado en su rol normativo, o que abordan las fases de investigación aplicada y desarrollo tecnológico en áreas estratégicas para el sector.

Algunos ejemplos de posibles bienes públicos dicen relación con información para apoyar los procesos de toma de decisiones, alinear esfuerzos, proveer direccionalidad (signaling) y desarrollo de políticas públicas, como podría ser el estudio de la localización y tecnologías de depósitos de relaves con mínimo impacto ambiental y social, estudios para definir una estrategia nacional de procesamiento de concentrados de cobre, estudios preliminares para promover minería polimetálica o el estudio de los fundamentos técnicos y económicos de una nueva regulación.

Ejemplos de Bienes Club son la generación de informes de prospectiva tecnológica y desarrollo detallado de Hojas de Rutas tecnológicas para la minería; planes de desarrollo de la fuerza laboral, incluyendo capital humano avanzado y perfiles de competencias certificables; sistemas de monitoreo en línea de variables hídricas, ambientales y del funcionamiento de los ecosistemas por cuenca; creación de observatorios de temas ecosistémicos del sector, ambientales o laborales, etc.

Los programas de investigación asociativa precompetitiva se ubican en el punto medio entre la investigación básica que se desarrolla en la academia y aquella orientada a productos específicos que tiene lugar en compañías privadas; se trata de las etapas de investigación aplicada y desarrollo tecnológico dirigidos a la producción de nuevos materiales, productos o dispositivos y al establecimiento de nuevos procesos, sistemas o servicios, incluyendo la fase de construcción de prototipos, plantas piloto o unidades demostrativas. Ejemplos de este tipo de programas son el desarrollo de nuevos sistemas de visión espectral para la caracterización mineralógica y química de minerales, nuevos procesos minero-metalúrgicos de baja emisión o sin residuos, nuevas tecnologías de conminución sin uso de agua, desarrollo tecnológico que requiere la minería secundaria para el tratamiento efectivo y rentable de residuos mineros (relaves, rípios, desmontes, escorias, polvos, etc.), entre otros.

- b. Fondo de subsidio contingente a la innovación para escalamiento de tecnologías para la minería.

Se trata de crear un mecanismo destinado a la innovación apropiable que permita co-financiar y compartir el riesgo tecnológico de proyectos de mayor madurez y envergadura, en etapas críticas de validación tecnológica que normalmente representan un alto costo y aún están inmaduras para conectar con Fondos de Inversión o de Capital de Riesgo.

Un Fondo de Innovación para escalamiento de tecnologías mineras estaría orientado a escalar desarrollos tecnológicos en el rango de TRL⁸ 5 a 8, al que podrán acceder empresas proveedoras de la minería, empresas tecnológicas y start ups, así como universidades o centros de I+D nacionales. También podrán acceder las empresas mineras para escalamientos que se desarrollen en el país, propendiendo a la colaboración tecnológica con el ecosistema minero y a maximizar el aporte de valor local.

Funcionaría con un mecanismo de subsidio contingente; es decir, aquellos proyectos que no logren éxito en el escalamiento de la tecnología recibirían el aporte como un subsidio y aquellos que resulten exitosos y sean llevados al mercado, reintegrarían los fondos para que sean reinvertidos en el Fondo para apoyar nuevos proyectos, tal como se hace en varios países de Europa, Israel o Corea (ver Anexo 5). De esta forma, las tecnologías exitosas contribuirían a la productividad y sustentabilidad de la minería y al mismo tiempo permitirían crear un círculo virtuoso de recursos para innovación.

Las opciones de gobernanza para este fondo son que sea administrado por una entidad al alero del Ministerio de Minería - similar al Fondo de Innovación Agraria, FIA, en el Ministerio de Agricultura – pudiendo ser gestionado por la Corporación Alta Ley debido al vínculo natural que existe con las Hojas de Ruta desarrolladas por esta organización. Una segunda opción es que el fondo sea administrado por Corfo, quién se apoyaría en Alta Ley que cumpliría el rol de comité de asignación ad hoc formado por expertos en tecnologías críticas para minería y representantes de las organizaciones del sector, seleccionados por un órgano independiente y competente, el cual también tendría la labor de monitorear y fiscalizar la operación del fondo y evaluar su impacto, pudiendo sugerir mejoras en su diseño. Este sistema de gobernanza operará con estándares de transparencia y cumplimiento (compliance) internacionales.

Este nuevo mecanismo deberá poner especial atención a fomentar la colaboración. Las mayores dificultades para avanzar en esfuerzos colaborativos son las asimetrías de información y la desconfianza, de ahí los altos costos de transacción que tienen estas iniciativas. Es labor de esta gobernanza facilitar la colaboración para constituir centros colaborativos o modelos consorciados. Al mismo tiempo, será relevante conectar con Centros Colaborativos que serían ejecutores de programas de innovación, propendiendo a que sus gobernanzas sean público-privadas y cuenten con claras hojas de ruta para la mantención y creación de capacidades en la frontera tecnológica, alineados con las demandas del sector.

C. Incentivos para integrar la innovación en los proyectos de inversión.

⁸ Technology Readiness Level, concepto introducido por la Nasa para indicar el nivel de madurez de una tecnología, va de 1 (conocimiento fundamental) a 9 (producto validado para el mercado). Ver https://www.nasa.gov/pdf/458490main_TRL_Definitions.pdf

Estudio, diseño y propuestas para disponer de mecanismos de financiamiento ad-hoc que promuevan la implementación de iniciativas innovadoras que mejoren la capacidad de certificación de los proyectos de inversión y operaciones mineras bajos los nuevos estándares de la industria en materia de trazabilidad y sostenibilidad. Por ejemplo, el financiamiento “colectivo” aprovechando el crédito tributario a la I+D+i (Marco de financiamiento colectivo).

Impulso 3: Atracción y promoción de inversiones para un crecimiento innovador y sostenible que genere desarrollo local.

Preparado por Patricio Aguilera con la colaboración de Pamela Chávez, José Pablo Domínguez, Cleve Lightfoot, Nancy Pérez, Juan Rayo, Mauro Valdés e Iván Valenzuela

1. Diagnóstico

- Un prolongado proceso de licenciamiento de inversión y con alta incertidumbre: Los proyectos de inversión mineros, especialmente los proyectos a gran escala requieren contar con un conjunto elevado de autorizaciones y permisos de primera generación de carácter normativo y regulatorio en materias tales como seguridad, sanitarios, municipales, medio ambientales. Varios de estos procesos toman tiempos prolongados y suelen estar acompañados de altos niveles de incertidumbre respecto del tiempo de tramitación como, de los costos finales para lograr la autorización y los riesgos de judicialización posterior a un proceso de autorización favorables.
- Nuevos estándares de inversionistas y mercados: A lo anterior, se debe considerar las preocupaciones respecto a la sustentabilidad de las cadenas de valor de los minerales que han permeado a gobiernos (por ejemplo, UE y de EE.UU), ONGs, e inversionistas, financistas y a los segmentos aguas abajo de las cadenas de valor de la minería, empresas fabricantes de baterías, de vehículos y de la electrónica, entre otros, que buscan no solo asegurar su abastecimiento de materias primas, sino que éste además se haga de manera sustentable mediante la implementación de políticas para garantizar un abastecimiento responsable y minimizar riesgos de sustentabilidad y reputacionales. Consecuentemente, se ha dado el surgimiento de una nueva generación de estándares de ESG (Environment, Social and Governance), muchos de ellos aún en desarrollo, de mirada integral, donde a los tradicionales temas de carácter social y ético de la primera generación de estándares, que se dio durante la primera década del presente siglo, se añaden aspectos ambientales tales como las emisiones de gases de efecto invernadero -en consistencia con la emergencia de la demanda de minerales vinculados a la transición hacia una economía baja en carbono - así como los impactos sobre la biodiversidad y uso de agua, entre otros temas clave . Ello ha implicado que los productores de minerales (países y empresas) se ven cada vez más presionados por visibilizar los impactos sobre la sostenibilidad a lo largo de la cadena de abastecimiento de la minería y mediante sistemas de certificación creíbles.

En su mayoría, estas iniciativas corresponden a grandes lineamientos o directrices que establecen una serie de conductas y estándares para que las empresas se embarquen en forma voluntaria hacia un abastecimiento responsable cuya adhesión debe ser demostrada mediante la verificación de una tercera parte independiente. Destaca la influencia de la Guía de la OCDE para la Due Diligence para Cadenas de Suministro Responsables de Minerales en las Áreas de Conflicto o de Alto Riesgo, la que ha sido tomada como base para el desarrollo de diversas directrices, estándares y regulaciones.

Más allá de las líneas directrices básicas de la OCDE, las iniciativas más relevantes para el contexto chileno han sido los principios del programa de cambio climático del ICMM y la Guía para el abastecimiento responsable del ICMM. Otras iniciativas, aún en fase de desarrollo, pero que podrían ser relevantes, incluyen la Iniciativa Climate Smart Mining del Banco Mundial, The

Copper Mark de la ICA y la Cadena de Suministro Responsable de la Bolsa de Londres. A nivel nacional se destaca la iniciativa de Cobre Responsable de CODELCO, la cual no obstante no prosperó debido a dificultades en su implementación por a la falta de trazabilidad.

- Trazabilidad y certificación es el siguiente paso: En efecto, la trazabilidad, que corresponde a una herramienta clave para lograr documentar la cadena de suministros, será un requisito cada vez más importante para acceder a los mercados internacionales. No obstante aún existen muy pocas iniciativas que aseguran la trazabilidad física del material, destacando la Aluminium Stewardship Initiative -ASI.

Entre los beneficios asociados a la certificación y la trazabilidad, más allá del acceso a mercado, es la diferenciación en el mercado de commodities y la posibilidad de acceder a premios. Es probable que en el mediano o largo plazo la trazabilidad se volverá un requerimiento de mercado sin el cual ya no se podrá vender el mineral o metal, al menos en ciertos mercados.

A nivel global, un tema a resolver es la proliferación de estándares que puede causar “fatiga” de información, causando confusión entre las empresas respecto a qué estándares deben utilizar. El exceso de iniciativas también causa confusión en el cliente final, reduce la transparencia y credibilidad de los mismos, pudiendo menoscabar así uno de los objetivos principales por las que fueron creadas que consiste, justamente, en entregar información respecto de los impactos ambientales, sociales y de gobernanza asociados a la producción. Ello pone en evidencia la necesidad de avanzar en mecanismos para el reconocimiento mutuo y armonización de estándares.

- Baja capacidad de monitoreo e incidencia en el debate internacional sobre estándares: En este contexto, el país cuenta con una baja capacidad para monitorear este desarrollo a nivel internacional e incidir o participar en las definiciones, en la que deberían incluirse temas de desarrollo territorial, innovación, contenido local que recojan la realidad de los países mineros y especialmente, la realidad de la minería chilena. Tampoco se cuenta con un plan u orientaciones para ir adaptando la regulación y permisos de la minería de forma que sean coherentes con esta nueva realidad.
- Altas complejidades y riesgos de la innovación en minería: Por otro lado, los proyectos de innovación y de I&D, son proyectos que, por su naturaleza, presentan niveles de riesgos elevados, con muchos factores que no se conocen y grandes incertidumbres técnicas, que finalmente hacen que los proyectos no siempre logren cumplir con los resultados y desempeños esperados y fallen muchas veces. En las etapas tempranas de estos proyectos, la probabilidad de éxito técnico puede ser muy baja, y una solución técnica probable a menudo puede no ser anticipada, muchas veces, puede tomar meses o incluso varios años de trabajo de laboratorio y prototipaje para obtener una solución técnica y ganar confianza en un resultado técnico positivo, que luego habrá que probarlo a nivel piloto o a una escala relevante, algunas veces por varios años, para validar definitivamente los parámetros técnicos y económicos esperados de la nueva solución.
- Falta de incentivos públicos adecuados de apoyo a la innovación en minería: En Chile tampoco existen ni los incentivos, ni los mecanismos regulatorios especiales que generen los espacios de oportunidad para que las compañías mineras intenten incorporar a un proyecto de inversión

más incertidumbres, probando nuevas soluciones tecnológicas que no están aún validadas técnica y económicamente en sus desempeños esperados. Es por lo anterior, que, al momento de presentar estas iniciativas de inversión, se tienden a incorporar procesos, productos o sistemas ya maduros, con niveles de riesgo e incertidumbres muy bajos y probados tecnológicamente y normativamente en otros proyectos de inversión u operaciones.

Una experiencia concreta en la que se dio la situación antes descrito fue en el proyecto de la Mina Invierno, que en su permiso presentó una solución con incertidumbre tecnológica: explotación sin tronadura. Finalmente, el proyecto se detuvo porque se vieron obligados a incorporar tronadura.

Tampoco están los incentivos o mecanismos regulatorios nacionales flexibles y oportunos para que incorporen en sus operaciones elementos de políticas para garantizar un abastecimiento responsable y minimizar riesgos de sustentabilidad y reputacionales que cumplan con los estándares de nueva generación que están surgiendo en el mercado global.

- Las autorizaciones o permisos legales como barrera a la innovación: Con el propósito de controlar los impactos socioambientales de los proyectos, los procesos de licenciamiento legal buscan la mayor certeza posible, incluyendo las medidas de mitigación. Lo anterior, constituyen una barrera para fomentar la innovación durante la tramitación de un proyecto, ya que esta no puede entregar certezas. Sin embargo, existen experiencias internacionales sobre normativas y protocolos para autorizar el desarrollo de innovaciones que podrían mejorar el desempeño socioambiental, sin sacrificar la certeza que busca la regulación. Las soluciones surgen si el licenciamiento permite generar espacios acotados para el desarrollo de innovaciones reconociendo que esta podría fallar, en cuyo caso habría una solución conocida y probada como alternativa.

Por otro lado, el sector minero requiere fortalecer los actuales dispositivos institucionales sectoriales para promover de manera más activa la atracción de proyectos de inversión sustentables e innovadores y de alto impacto a Chile. El desarrollo de la Oficina GPS (Gestión de proyectos sostenibles del Ministerio de Economía) busca abordar los desafíos de coordinación de proyectos de inversión de alta complejidad. Este trabajo podría ser complementado con facilitar procesos de diálogos comunitarios de calidad que ayuden a abordar las inquietudes de la comunidad y generar espacios de confianza.

Adicionalmente, no existen mecanismos institucionales para incentivar la participación de proveedores nacionales en los grandes proyectos de inversión, cuestión que sigue ampliando las brechas entre el desarrollo minero y el desarrollo de proveedores locales. Tampoco ha tenido capacidad para resolver desafíos y problemas en el acceso a terrenos para viabilizar los proyectos de inversión y no se han generado directrices y mecanismos para atraer proyectos sustentables e innovadores.

2. Objetivos del Impulso Estratégico

Objetivo general:

- Generar las condiciones para atraer y promover inversiones en minería para un crecimiento innovador y sostenible que genere desarrollo local.

Metas específicas:

- (1) Facilitar y promover la incorporación de innovaciones en los proyectos de inversión que están tanto en etapas tempranas y en las etapas más avanzadas del ciclo de innovación.

Se considera que una tecnología está en niveles avanzados de innovación si tiene un TRL⁹ 7 o superiores y aquellas con un TRL inferior se considera tecnologías en etapa temprana. Para avanzar en facilitar y promover la incorporación de innovaciones en los proyectos de inversión, se debe considerar regular la relación entre dos procesos: (i) El proceso de licenciamiento tradicional que busca certezas, autorizar cosas probadas para que no existan riesgos para personas, medioambiente y activos; y (ii) El proceso de innovación que por su naturaleza tiene riesgos e incerteza.

- (2) Facilitar y promover la incorporación de innovaciones que mejoren la trazabilidad y sustentabilidad de los proyectos de inversión.
- (3) Diseñar y proponer esquemas ESG relevantes, con énfasis en certificación y trazabilidad, de forma de demostrar que la producción geo-minero-metalúrgica nacional cumple con los estándares globales de inversionistas y de mercados financieros y comerciales.
- (4) Fortalecer la capacidad para atraer inversiones de impacto en nichos de alto potencial aprovechando el interés internacional por financiar proyectos de escala transformacionales con altos impactos socioambientales y que sean tanto un factor de modernización del sector geo-minero-metalúrgico, como un esfuerzo de reactivación post crisis del COVID-19.

3. Descripción de componentes

A. Sistema de permisos especiales que promueva la incorporación de proyectos de innovación e Investigación y Desarrollo en los proyectos de inversión.

Se propone estandarizar o definir guías, permisos especiales o normas para caracterizar el proceso de innovación en etapas tempranas y avanzadas y fijar un determinado horizonte temporal para su desarrollo, para que se realicen las actividades necesarias para terminar el ciclo de innovación o declarar que no fue posible terminar con éxito la innovación. Habiendo transcurrido ese periodo, la incertidumbre desaparece ya que se sabe si la innovación funciona o si falló. En caso de tener una innovación exitosa, la nueva tecnología podría incorporarse al proceso de licenciamiento tradicional ya que la incertidumbre no existe y con ello se puede permitir impacto territorial y desarrollo de las cadenas locales de abastecimiento. De esta forma se genera un espacio en los procesos de autorización de permisos y de evaluación ambiental y social para realizar las pruebas que requiere

⁹ TRL: Acrónimo que procede del inglés Technology Readiness Level y que corresponde a una medida para describir la madurez de una tecnología. Si consideramos una tecnología concreta y tenemos información del TRL o nivel en el que se encuentra podremos hacernos una idea de su nivel de madurez

una innovación sin generar riesgos o incertidumbres a los proyectos. Especialmente en aquellas innovaciones en etapas tempranas del ciclo de innovación que pudieran concentrarse en áreas prioritarias y trascendentales para el país y su minería.

Para ello, se requiere entre otras cosas, estandarizar o normar el proceso de innovación, falta que se reconozca el concepto de TRL (Technology Readiness Level), con resultados que deben ser publicables y validados según un procedimiento normado. Se propone usar los protocolos de los Centros de Pilotaje (terceros independientes que certifiquen), los cuales a su vez deben estar conectados o reconocidos en la regulación. Una primera experiencia altamente promisorio que apunta en esa dirección es el acuerdo que está desarrollando el Centro Nacional de Pilotaje con el Sernageomin.

Por otro lado, se recomienda mejorar y digitalizar estos procesos y que la información de requerimientos esté disponible para el ecosistema, ya que pasa a ser un insumo para el desarrollo de los servicios.

Uno de los desafíos es justificar adecuadamente la prueba y “regular” los aspectos negativos, con respaldos (garantías para abordar impactos negativos), estableciendo los plazos para probar con resguardos y controles para abordar posibles impactos negativos.

Otro de los aspectos a evaluar en esta iniciativa, podría ser establecer modelos o estándares basados en la filosofía de desempeño tecnológico. Un elemento que ha dificultado la incorporación de innovaciones en el proceso de evaluación ambiental es que se suele poner más énfasis en la solución o tecnología que se utilizará y menor atención en el impacto o resultado buscado. Para ello se propone estudiar y analizar experiencias internacionales, como son los casos de Australia y Canadá.

B. Liderar o patrocinar una iniciativa que permita demostrar cumplimiento con requerimiento ESG relevantes de forma de diferenciar la producción minera chilena.

Una primera etapa podría consistir en realizar los estudios que permitan evaluar el grado de coincidencia y coherencia que existe en los aspectos cubiertos por permisos nacionales y exigencias de los estándares ESG. Luego, si hay una baja conexión entre el marco normativo nacional y los estándares internacionales se diseñará e implementará un plan en el que se pueda conciliar los esquemas ESG de certificación y trazabilidad en los mercados relevantes y marco normativo y de permisos legales nacional. Lo que se busca es diseñar mecanismos de incentivo para la certificación y el uso del sistema de trazabilidad y esquemas de convalidación entre regulación nacional y ESG relevantes.

Se necesita un sistema de vigilancia e inteligencia para el sector, que entienda en qué dirección se están moviendo los estándares en los distintos mercados, las motivaciones existentes y los impactos que tendrían para el país y generar las iniciativas nacionales que nos mantengan competitivos, vincular las exigencias locales con exigencias ESG que ayuden a atraer financiamiento y faciliten el acceso a mercado. Además, se pueden establecer metas país asociadas a ámbitos ESG, tales como energía de bajas emisiones, sistemas de suministro de agua sostenibles y una economía con bajos niveles de residuos (por ejemplo, minería sin relaves).

Establecer como meta que para el 2030 un 30% de los metales y minerales que se exportan cuentan con un sistema de trazabilidad ambiental y se cuenta con un reconocimiento formal desde una organización intergubernamental por proporcionar metales y minerales diferenciados y superiores en sus atributos ESG. Y que para el 2050, un 100% de los metales y minerales que se exportan cuentan con un sistema de trazabilidad socioambiental y en las evaluaciones de los sistemas de certificación y trazabilidad y certificación aplicados a las exportaciones se obtiene en promedio un desempeño superior a la media.

Asimismo, se recomienda que el país cuente con información y data asociada a estos ámbitos esté disponible para fines de investigación, análisis y estudios que permitan generar mejoras al sistema.

C. Atracción de inversiones en nichos de alto valor para acelerar el desarrollo de un ecosistema de servicios y productos para una minería de base tecnológica y sostenible.

Esto implicaría, entre otras medidas, ampliar alcance de la existente Oficina de gestión de proyectos sustentables (GPS; <https://www.oficinagps.cl>), incluyendo un área de gestión y acompañamiento de proyectos de proveedores mineros con acompañamiento, sistema de monitoreo y evaluación de los procesos de inversiones desde las etapas de atracción, hasta el diálogo, la aprobación, el desarrollo y puesta en marcha de estos. Actualmente esta oficina, en el Ministerio de Minería, sólo comprende grandes proyectos de explotación minera en este rubro. Entre las acciones a realizar se destacan las siguientes:

- Mapeo o inventario de desafíos país movilizados, donde tenemos ventajas y un gran potencial y generar planes activos para atraer inversionistas. Por ejemplo, minería verde.
- Coordinación cercana con los ministerios de Economía y Hacienda, DIPRES y CORFO, para la asignación de largo plazo de recursos para los desafíos estratégicos del sector.
- Apoyar y acompañar el desarrollo de proveedores con contenido local y que operen con altos estándares de sostenibilidad ambiental, social y económico
- Conectar empresas con proveedores, inversionistas, instituciones relacionadas y comunidades.
- Orientación para inversionistas nacionales e internacionales en el sistema de desarrollo de proyectos en Chile.
- Agilizar plazos de desarrollo de proyectos con apoyo anti-burocracia de la oficina GPS. Orientación para gestión de permisos y apoyo para coordinar a los entes públicos involucrados. Asimismo, incorporar herramientas digitales para facilitar el ingreso de información de proyectos y su análisis.
- Mejorar calidad de cumplimiento en la gestión y tramitación de proyectos facilitando todo el proceso. Proyectos mejor armados, mejor tramitación.
- Desarrollar en conjunto con Ministerio de Bienes Nacionales y la industria minera proyectos de Parques industriales que faciliten la atracción de proyectos de proveedores con contenido local.

Impulso 4: Procesamiento de minerales y desarrollo metalúrgico para una minería que recicla y baja su huella de carbono.

Preparado por Iván Valenzuela con la colaboración de Juan Cariamo, Gustavo Lagos, Roberto Parra, Víctor Pérez, Juan Rayo, Juan Carlos Román, Mauro Valdés y Alejandra Wood

1. Diagnóstico

- La refinación y procesamiento ha perdido relevancia: Chile es y se proyecta a mantenerse por décadas como líder mundial en la producción de cobre. Pero, en términos de procesamiento, el país no ha sido capaz de generar una industria metalúrgica moderna ni menos una producción y exportación significativa de bienes y servicios vinculados a ella. La refinación en Chile ha venido perdiendo relevancia en los últimos años 30 años, llegando a representar menos del 40% de la producción de cobre del país.
- Atraso tecnológico, pobre desempeño ambiental y pérdida de competitividad: Muchas de las fundiciones y refinerías existentes en Chile presentan atraso tecnológico, niveles de contaminación considerados altos según normativas internacionales y deben abordar brechas en su gestión operacional y comercial para mejorar su competitividad.

De las 7 fundiciones existentes en el país 5 de ellas están en manos del Estado, y en su mayoría son de costos más altos y pobres desempeños ambientales. Esto se ha traducido en que una fracción creciente de los concentrados ya no se procesa en el país con todos los costos que acarrea.

Esto significa pérdidas de beneficios para el país por pago de cargos de tratamiento, por penalidades especialmente en concentrados con arsénico (solamente las penalidades por arsénico más que duplican los costos de tratamiento de un concentrado limpio) y por fletes de concentrado versus cátodos. Tampoco se aprovecha recuperar subproductos.

Además, a nivel nacional las fundiciones y refinería son actividades industriales que tienen una mala reputación que afecta la licencia social para operar de la minería en su conjunto.

- Riesgo comercial frente a la dependencia: Existe un riesgo comercial estratégico al focalizarse en el eslabón final de la cadena productiva del cobre, en un producto intermedio que depende críticamente de un solo país.
- La mayor complejidad de los recursos mineros por menores leyes y presencia de impurezas obliga a innovar en las capacidades de procesamiento: Los desafíos que enfrenta la minería en Chile por los cambios en la composición del recurso minero lleva a requerir una capacidad metalúrgica ad-hoc cada vez más especializada para procesar nuestros minerales.
- Necesidad de avanzar en el reprocesamiento de residuos, reciclaje y economía circular: El modelo de negocios actual de las fundiciones a nivel mundial apunta con fuerza a la recuperación de los subproductos, y en vincular esta actividad con el reciclaje y la economía circular, desarrollo de nuevos materiales y aleaciones. La pérdida en conocimiento tecnológico, capacidad de “saber hacer” en actividades más complejas y con irradiación productiva hacia nuevos desarrollos, genera el riesgo que no podamos participar de los nuevos modelos de negocios imperantes en el mundo. Sin una base industria moderna mínima, es casi imposible

avanzar hacia la minería verde, modelo que están demandando los inversionistas, mercados y la sociedad.

- Normas de calidad del aire más exigentes requieren medidas en el corto plazo: Con la nueva norma de calidad del aire varias fundiciones tendrán que cerrar en Chile, porque las inversiones necesarias para abordar las nuevas exigencias, las dejarían con costos muy altos. Un escenario no descartable, es que se prolongue el inmovilismo, hasta que al final se deban tomar decisiones apresuradas, transitorias y de alto costo. Así ocurrió con el DS N°28.

2. Objetivos del Impulso Estratégico

Objetivo general:

- Tener una industria metalúrgica moderna y competitiva, que cuide el ambiente, impulse el desarrollo de encadenamiento productivo y tecnológico y mejore su reputación y aceptabilidad social, terminando con el concepto de zonas de sacrificio.

Metas específicas:

- (1) Impulsar que Chile, como mayor productor de cobre del mundo, avance en la cadena global de valor geo-minero-metalúrgica a través de fortalecer su capacidad de procesamiento de concentrados según los estándares socioambientales internacionales, permitiéndole al país participar en los nuevos desarrollos de la economía circular y reciclaje.
- (2) Promover el desarrollo de un complejo minero-metalúrgicos cuyos impactos ambientales están controlados, pueden ser mitigados y posibilitan la instalación de nuevas capacidades productivas y tecnológicas con impactos multiplicadores a nivel regional y nacional, generadores de empleos directos de calidad.
- (3) Contribuir a reducir las emisiones totales de carbono de la producción de cobre chileno (Alcance 1, 2 y 3), al aprovechar la matriz energética de Chile, basada en energía renovable y que es más competitiva y limpia que la de los países para procesar nuestros concentrados, junto con disminuir la huella del transporte de nuestros minerales a los mercados de consumo.
- (4) Reducir el volumen de residuos generados por la actividad minera a través del desarrollo de una minería secundaria competitiva capaz de recuperar minerales de desechos en toda la cadena geo-minero-metalúrgica.
- (5) Impulsar la producción y exportación de productos mineros polimetálicos y estratégicos y considerar la I+D en esta área específica.
- (6) Impulsar el desarrollo de encadenamientos nacionales productivos y tecnológicos, y de capital humano avanzado, generando soluciones para el procesamiento de minerales y desarrollo metalúrgico

3. Descripción de componentes

A. Desarrollo de un complejo minero-metalúrgico competitivo que recupera subproductos y con una gestión ambiental, operacional y comercial de excelencia.

Las actuales instalaciones de procesamiento son muy antiguas y en su mayoría de tamaño pequeño para los estándares del mercado. Inversiones marginales no serán suficientes para cumplir los imperativos ambientales y de costos.

Para hacer frente a lo anterior se propone que a fines de esta década esté operando una fundición y refinación con una capacidad de 1,5 MTS al año, altamente competitiva y que cumpla con las más exigentes metas de calidad ambiental para fortalecer la competitividad de la minería, recuperar subproductos, generar empleos de calidad y desarrollar otras actividades de valor con proveedores tecnológicos.

Para que lo anterior pueda materializarse se requiere del concurso de varios actores, cuya coordinación es clave para reducir las incertidumbres del armado de un proyecto complejo como es este. Esto claramente requiere estructurar un acuerdo entre los productores locales de concentrados de cobre y un operador experto internacional de los procesos de fundición y refinación, que asegure un suministro de material y una operación competitiva y bajo estándares socioambientales internacionales. Para esta coordinación es crítico el rol promotor y coordinador del Estado, a través de sus instituciones especializadas.

Impulso 5: Desarrollo de una pequeña y mediana minería tecnológica y de una minería secundaria que dinamicen el ciclo de innovación.

Preparado por Orlando Godoy y con la colaboración de Patricio Aguilera, Tomás Buttazzoni y Alejandra Molina

1. Diagnóstico

- La pequeña y mediana minería tiene un potencial de desarrollo no aprovechado: La pequeña y mediana minería (PYMM) se presentan como una oportunidad de desarrollo para Chile por diversas razones. Entre ellas se encuentran que son iniciativas que por su envergadura y por tecnologías actuales presentan menores desafíos socioambientales, son iniciativas con un mayor potencial de inserción en las comunidades y el territorio, por lo tanto, con mayor potencial de contar con licencia social para operar.

Es una actividad que genera impactos locales en materia de empleo y encadenamientos productivos con la industria regional y nacional, por lo tanto, puede convertirse en un motor para la diversificación minera (polimetálica) y sofisticación de nuestra economía.

De acuerdo con el estudio “Monitoreo de variables e indicadores relevantes de la mediana y pequeña minería chilena” llevado a cabo por Cochilco (DEPP 36/2016) la pequeña minería, si bien tiene una baja incidencia en términos productivos (83.293 toneladas de cobre en 2013, 1,1% del total nacional), genera una importante cantidad de empleo que el mismo estudio estima en más de 6.000 puestos directos.

Por su parte, la mediana minería está compuesta entre 30 y 40 compañías y produce alrededor de 300.000 toneladas de cobre por año. Este sector ha registrado exportaciones por valores similares a otras industrias como la vitivinícola, celulosa y salmonera.

- La pequeña y mediana minería tiene un potencial dinamizador de los procesos de innovación: Las escalas de las operaciones de PYMM abren oportunidad para el desarrollo, validación, escalamiento y adopción de nuevas tecnológicas que posteriormente también podría ser usadas por la gran minería. Entre los desarrollos y adopciones tecnológicas que pueden ser catalizadas se encuentran la automatización y robotización de procesos, la inteligencia artificial, uso de nuevas fuentes energéticas, nuevas tecnologías de procesamiento para la exploración y planificación minera, nuevos métodos de procesamiento que permitan el beneficio de metales adicionales (polimetálicos), además de avances en seguridad, medioambiente y mantenimiento.

Además, este sector abre oportunidades únicas para la participación de proveedores nacionales en el desarrollo de innovaciones y soluciones con un alto contenido tecnológico.

También es un sector que por su escala puede adoptar más rápidamente los estándares de una minería verde (uso de ERNC, uso eficiente del agua, la trazabilidad del proceso, entre otros).

- La definición de pequeña y mediana minería y las categorías de empresas requiere actualizarse: Es necesario actualizar la definición de qué significa y cuáles son las características de la pequeña y mediana minería. En la actualidad hay definiciones similares, pero no iguales por parte de Cochilco, ENAMI, Sernageomin, Colegio de Ingenieros, Código de Minería, Servicio de Impuestos

Internos y normativa ambiental. Se hace necesario acercar las distintas definiciones, aunando criterios en cuanto a producción, número de trabajadores, horas anuales trabajadas, etc.

En especial, se hace necesario adecuar el criterio ambiental para que plantas de mayor volumen de procesamiento logren viabilidad a través de DIA, fijando que como condición cumplan con estándares modernos de minería sustentable (uso de energías renovables, recuperación de agua, uso de relaves filtrados, etc.).

Hoy el criterio para exigir un EIA es definido a partir del nivel de producción, 5.000 toneladas por mes (TPM) requiere EIA. Sin embargo, un proyecto por debajo de este volumen que no logre prácticas modernas y sustentables en su operación, o en su consumo de agua y de energía, puede tener un impacto ambiental mucho más negativo que uno de 10.000 TPM que sí incluya estas prácticas, como por ejemplo consumir energía renovable, reutilizar y recircular agua, lograr depositar relaves secos, etc. Entonces, se hace necesario insertar criterios de minería sustentable para permitir que proyectos hasta 10.000 TPM, puedan obtener licencia ambiental mediante DIA (y no EIA), en donde incorporen prácticas más sustentables.

Una propuesta es que la autoridad ambiental, en conjunto con otros entes, como por ejemplo el Ministerio de Minerías, Sernageomin, Asociaciones de Pequeños Mineros, proveedores tecnológicos, universidades y centros de investigación afines a la minería, levanten las prácticas de minería sustentable y elaboren un marco de prácticas de minería sustentable (bajo consumo de agua y energía, uso de energías renovables, empleo de relaves filtrados y otros) de tal forma que un proyecto que cumpla con determinada proporción de tales prácticas pueda alcanzar una RCA favorable mediante una DIA, y no un EIA.

- La pequeña y mediana minería tiene brechas tecnológicas que deben ser abordadas: La brecha tecnológica entre la PYMM y la gran minería es significativa. Existen tecnologías que utiliza la gran minería y que son consideradas maduras y que podrían ser adaptadas y transferidas para ser aplicadas a faenas menores.

Por otra parte, es necesario disminuir el desbalance de acceso a la información en cuanto a nuevas tecnologías, sus proveedores y la factibilidad de ser aplicadas a una determinada faena.

En este sentido es importante potenciar instancias similares a la EXPO ENAMI realizada en 2017, feria que se focalizó en tecnologías aplicables a la PYMM y el fortalecimiento de los Centros de Pilotaje para generar procesos de adopción y validación de tecnologías para el sector, junto con el entrenamiento a técnicos y profesionales. También se debería trabajar para que los organizadores de Expomin y Exponor evalúen el beneficio de crear un área exclusiva de tecnologías para la PYMM. En este punto es relevante el rol que le cabe a Enami, como se verá en los puntos siguientes.

- Existen brechas de capital humano que deben ser abordadas: La PYMM requiere aumentar los niveles de preparación de capital humano si queremos aumentar su nivel tecnológico y de gestión. SONAMI, en el estudio “Caracterización del Capital Humano de la Pequeña y Mediana Minería”, que realizó en 2019, levantaron una serie de indicadores relevantes:
 - Para la mediana minería, un 68,2% de los trabajadores de mediana minería declaran tener educación media, un 21,9% posee estudios superiores y un 9,5% educación básica.

- Para la pequeña minería, un 50% de los trabajadores pertenecientes a pequeña minería declaran tener educación básica, un 39,2% poseen educación media y un 9,6% estudios superiores.
- 67% de los trabajadores encuestados manifiesta haber recibido alguna capacitación formal.

Desarrollar una PYMM tecnológica debe tener en consideración el impacto que el cambio tecnológico tiene en el trabajo y sus múltiples dimensiones. La incorporación de nuevas tecnologías requerirá perfiles de profesionales, técnicos y de operadores distintos, por lo que será necesario avanzar en esta línea. También se requiere considerar la necesidad de aumentar los niveles de gestión y capacidades técnicas de los dueños y ejecutivos, que les permita asumir los nuevos desafíos de la minería en temas tecnológicos, ambientales y de requerimientos de las comunidades donde estas insertas.

- Actualizar el rol de ENAMI para el aprovechar el potencial de la pequeña y mediana minería: La relación entre la PYMM y Enami es de tal nivel de profundidad que es prácticamente imposible un análisis separado entre ambas. Enami debería convertirse en un catalizador y promotor del uso de nuevas tecnologías para la PYMM, y convertirse en una institución que promueva el uso de nuevas tecnologías (ERNC, uso eficiente del agua, tecnologías para cumplimiento de estándares ambientales y de seguridad) y donde Enami beneficie o premie a las empresas de PYMM más eficientes y sustentables.

Las siguientes oportunidades de mejora que pueden repercutir fuertemente en la PYMM:

- Plantas de procesamiento: Si bien ENAMI ha llevado a cabo un esfuerzo por aumentar el número de plantas disponibles para procesamiento de mineral, actualmente se puede mejorar aún más a través del empleo de plantas móviles, que cuenten con nuevas tecnologías de proceso que permitirían hacer campañas locales de procesamiento de mineral y con ello se pueden abrir espacios para generar desarrollos de tecnología local. -
- Rol del área de Fomento de Enami: Esta área debería convertirse en un importante conector con el ecosistema de proveedores tecnológicos y de I+D+i, dado que es el área que apoya a la PYMM y posee instrumentos para beneficiar a los pequeños mineros a incorporar y desarrollar capacidades técnicas y de gestión empresarial. También posee líneas crediticias orientada a financiar la adquisición y renovación de equipos, maquinarias productivas e innovaciones tecnológicas, siempre enfocada al negocio minero, y que se presenta como una gran oportunidad para generar encadenamientos con la industria proveedora nacional. Por ejemplo, la PYMM requiere adoptar tecnologías ya existentes que permiten el análisis in situ de la ley del mineral, evitando la generación y transporte de “estériles” a plantas de Enami.
- Minería polimetálica: Es relevante que Enami logre desarrollar capacidades para procesar y beneficiar minerales polimetálicos, y por tanto pueda pagar a la PYMM por ellos, más allá del cobre y oro
- El rol de la pequeña y mediana minería para aprovechar el potencial polimetálico: La PYMM debería ser la llamada a poder habilitar una Industria minera nacional diversificada y con ella poder generar las bases para la diversificación con una mirada polimetálica, más allá del cobre,

y con ello aprovechar las oportunidades de la actividad extractiva y generar una nueva demanda derivada de bienes y servicios en base a sus encadenamientos productivos. Lamentablemente Enami no ofrece incentivos para la compra de otros minerales que no sean cobre y oro, ni tampoco dispone de instrumentos de fomento para minería polimetálica.

- Falta de ingeniería de proyectos de inversión para la pequeña minería: Un problema al que se ve enfrentada la pequeña minería es contar con pocos apoyos para desarrollar ingeniería en todas las etapas del proceso minero, que sin duda afecta la eficiencia operacional. Con ello se ve enfrentada a no disponer de toda la información técnico-económica que le permita dar mayor viabilidad a la faena (sobre todo estimar reservas). Enami, en su área de Fomento, posee algunas líneas de apoyo en este sentido, pero deben potenciarse.
- Chile tiene un alto potencial de minería secundaria que no aprovecha: Chile tiene condiciones favorables para hacer minería secundaria. Por ejemplo, más de 15.000 millones de toneladas de relaves depositados en tierra; más de 5.000 millones de toneladas de ripios en botaderos cercanos a las plantas; más de 10.000 toneladas de botaderos de estéril con baja mineralización al lado de rajos; más de 100 millones de toneladas de escoria de fundiciones antiguas y actuales.

Estos residuos industriales pueden ser cubicados y prospectados hasta llegar a una alta precisión en el contenido de elementos comerciales.

Para lograr que la minería secundaria sea una meta real de la economía del país, debe ser realizada por emprendedores mineros de tipo mediana minería, con fuerte apoyo local, que desarrollen sus obras y su operación/mantenimiento sin seguir los procedimientos y restricciones de las grandes mineras, vendiendo sus productos a estas compañías o exportándolos directamente.

- Minería artesanal requiere un tratamiento especial: Dentro del concepto de pequeña minería y sujeta a las reglas de esta, se encuentra la minería artesanal. Esta minería, coloquialmente llamada pirquineo, requieren de un apoyo distinto en materias de fomento, seguridad, capacitación, asistencia técnica que requieren mineras de mayor tonelaje, pero igualmente englobadas bajo el concepto de PYMM y donde también surge un espacio de oportunidad para encadenamientos con proveedores locales y el ecosistema nacional de I+D+i. Se requiere definir para cada segmento categorías que permitan focalizar las políticas al respecto. La aplicación de las mismas normas de seguridad a pirquineros y pequeñas empresas es una exigencia que no siempre se cumple, que muchas veces son grupos familiares, que en general entran y salen del negocio minero en función del precio de los minerales y las leyes que encuentran.

2. Objetivos del Impulso Estratégico

Objetivos generales:

- Impulsar una pequeña y mediana minería de base tecnológica, altamente intensiva en conocimiento, que acelere el desarrollo y escalamiento de innovaciones tecnológicas y el crecimiento de proveedores locales, haciendo posible y/o reactivando proyectos y faenas mineras que hasta ahora no hayan encontrado viabilidad en el contexto económico, institucional y regulatorio actual.

- Impulsar una minería secundaria y el desarrollo de una minería polimetálica competitiva y sostenible que acelere la incorporación de soluciones circulares y reduzca los residuos de la actividad minera

Metas específicas:

- (1) Impulsar el desarrollo y transferencia de tecnologías y servicios para la PYMM
- (2) Lograr la implementación de proyectos mineros con plantas móviles, que logren una producción total de 75.000 toneladas de cobre fino al año 2025.
- (3) Aumentar las inversiones en proyectos para la PYMM de 100 Millones de US\$ al año 2025 adoptando prácticas sustentables mayores y que cuenten con procedimientos de licenciamiento para obtener RCA más sólidas
- (4) Profundizar los vínculos con encadenamientos que involucren proveedores locales para aumentar el uso de nuevas tecnologías que generen mayor productividad y valor de la actividad minera (producir cátodos y/o extraer otros elementos de valor).
- (5) Desarrollar vínculos entre la Universidades, IP y CFT con planes y programas de carreras orientadas a la PYMM del cobre y polimetálica.
- (6) Impulsar programas de innovación abiertos exclusivos para la PYMM, que permitan desarrollar, probar, validar y escalar soluciones tecnológicas que hagan al sector más competitivo y sustentable.

3. Descripción de componentes

A. Programa integral para profundizar la sofisticación de una pequeña y mediana minería impulsora del desarrollo productivo y tecnológico y con una alta inserción en los territorios

Se trata de diseñar, acordar y poner en marcha un programa integral que permita un mayor impulso de la pequeña y mediana minería (PYMM), a través de los siguientes ejes:

- 1- Adecuar la actual normativa que permitan reclasificar y aumentar los niveles de producción de la PYMM en línea con su real estructura de costos; su impacto ambiental; y nuevas tecnologías de procesamiento.
- 2- Impulsar el uso masivo de tecnología en la PYMM, tanto aquellas que ya se encuentran en una etapa de maduración avanzada en la gran minería, como aquellas que son más específicamente adecuadas para la PYMM.

- 3- Dar mayor acceso a la PYMM a mecanismos de innovación abierta, con la participación asociativa entre mineras, la academia, empresas proveedoras, emprendedores y los centros de pilotaje para validar y transferir nuevas tecnologías.
- 4- Promover y generar una cartera de prospectos mineros, con criterios y estándares comunes para la evaluación de estos por parte de potenciales inversionistas nacionales e internacionales, especialmente para la minería de cobre y polimetálica.
- 5- Crear incentivos para que los dueños de propiedades mineras no explotadas puedan entregarlas en arriendo para su explotación, a personas naturales o empresas del sector de la PYMM.
- 6- Rediseñar y re focalizar los roles e incentivos de ENAMI hacia el sector y articular iniciativas de apoyo al desarrollo de tecnologías y fortalecimiento de capital humano especializado, con la participación de CORFO, ANID y Gobiernos Regionales.

B. Programa para el pleno desarrollo de la minería secundaria

Se propone avanzar a partir de los trabajos impulsados por la Corporación Alta Ley, Sernageomin y empresas proveedoras nacionales para el pleno aprovechamiento del potencial de minería secundaria en Chile que permita transformar pasivo minero en recursos.

Un primer paso es desarrollar un programa nacional para la reprocesamiento de relaves y rípios.

Elementos de gobernanza y otros aspectos críticos

Los Impulso Estratégicos fueron sometido a distintos ejercicios de verificación de coherencia y pertinencia y del grado de alineamiento con las acciones identificadas en proceso de diálogos regionales desarrollados durante el segundo semestre de 2020 (ver en Anexos 2,3 4). También se realizó una evaluación preliminar sobre la capacidad o suficiencia de la institucionalidad del sector para impulsar la innovación y el fortalecimiento de los encadenamientos productivos y tecnológicos.

A continuación, se rescatan los principales hallazgos de este ejercicio:

a. Coherencia con la Visión de la PNM2050:

- Los 5 Impulsos Estratégicos son coherentes con la Visión expresada en la PNM2050. Se promueve inversiones de altos impactos socioambientales, inclusión de regiones y territorio y la incorporación de innovación.
- Los componentes de los 5 Impulsos se conjugan y alinean de manera directa para aportar a los cuatro puntos de la visión de la PNM2050. Los Impulsos son coherentes con la Visión expresada en la PNM2050.
- El potenciamiento de las estrategias de I+D+i , tecnologías y principales desafíos del sector geo-minero-metalúrgico, aportan directamente al crecimiento de la industria minera, no sólo en aspectos de producción y competitividad (y por ende de mejores empleos y mayor justicia social), sino que en una cobertura transversal de ejes que abarcan: el desarrollo de una minería

verde y economía verde, la trazabilidad y certificación de los insumos y emisiones de los productos de la minería nacional, la seguridad ocupacional, la licencia social y política para innovar, la sostenibilidad en general, y el desarrollo de una economía nacional basada en el conocimiento traccionada desde la minería; todos aspectos abarcados e incluidos en las hojas de ruta del sector.

b. Contribución al logro de los objetivos de la PNM2050 e indicadores:

- Este Impulso contribuye directa e indirectamente a gran parte de los objetivos de la PNM2050 propuestos y sus componentes establecen un conjunto de actividades que se orientan a contribuir a estos objetivos.

c. Responsabilidad o exigencia del cumplimiento:

- Se estima que la implementación de la PNM2050 y en particular de las acciones del Eje de Innovación y Cadena de Valor requieren que exista una autoridad política responsable dentro del marco institucional del sector geo-minero-metalúrgico. Aspecto que el actual arreglo institucional solo se aborda de manera parcial.
- El marco institucional existente, solo aborda parcialmente las responsabilidades asociadas a los 5 Impulsos, no existen recursos permanentes asignados y tampoco un mandato claro por el cual se deba rendir cuentas.
- Dentro de las organizaciones que forman parte de la institucionalidad del sector geo-minero-metalúrgico, se debe determinar la entidad con rol de conducción y articulación de cada Impulso.

d. Acciones identificadas en los diálogos regionales relacionadas con el Impulso

- Los diálogos regionales no se identifican factores que estén en conflicto con los Impulsos Estratégicos. Por el contrario, se destaca el interés por desarrollar el ecosistema de innovación del sector.
- Las iniciativas identificadas en los diálogos regionales están orientadas a resolver los desafíos para desarrollar las cadenas de valor de los procesos mineros y las cadenas de valor de los servicios y productos habilitantes para la industria minera.

e. Impulsos Estratégicos Pendientes

Los siguientes temas corresponden a áreas estratégicas de gran importancia para el desarrollo de la PNM2050 y en particular para fortalecer los encadenamientos y la innovación que no alcanzaron a ser trabajados. Es fundamental que la PNM2050 incorpore estas áreas.

1. Desarrollo de Codelco para liderar el tránsito hacia la minería del S.XXI

2. Desarrollo sostenible de la industria del litio y sus encadenamientos.
3. Aprovechar el potencial polimetálico de Chile.
4. Desarrollo de un sistema de monitoreo y evaluación independiente de la PNM2050
5. Plan de diálogo y comunicación

Anexo 1: Integrantes Mesa Técnica Innovación y Cadenas de Valor

	Nombres	Institución	Participación						
			1	2	3a	3b	4	5a	5b
1	Patricio Aguilera	Gerente Centro de Pilotaje para la Minería	X	X	X	X	X	X	X
2	Pablo Albornoz Gatica	Holding Araya Hermanos SA	X	X					
3	Marcela Angulo	Universidad de Concepción	X	X	X	X	X	X	X
4	María José Araneda	BHP, Líder del Programa Supply Innovation	X	X	X		X	X	
5	José Miguel Benavente	División Competitividad e Innovación del BID		X	X		X		X
6	Alberto Bengoechea	Sernageomin		X		X		X	X
7	Eduardo Bitrán	Consultor internacional y profesor universitario							
8	Pedro Damjanic	Director, Asoc. de Industriales de Antofagasta	X	X		X	X	X	X
9	José Pablo Domínguez	APRIMIN	X			X	X		
10	Rolando Carmona	Presidente Drillco Tools							
11	Sebastián Carmona	Codelco- Gerente de Innovación	X	X					
12	Pamela Chávez	CEO Domolif SpA, Directora FMN		X	X		X	X	
13	Orlando Godoy	Minnovex/Proter					X	X	
14	Ric Gros	CEO Convergence y Ex CEO, METS Ignited	X	X		X	X		X
15	Cleve Lightfoot	BHP, Gerente Innovación	X	X		X			
16	Fernando Lucchini	Presidente Ejecutivo, Corporación Alta Ley	X	X	X		X	X	X
17	Benjamín Maluenda	Ministerio de Energía		X	X				
18	Benjamín Maturana	Ministerio de Ciencias y Tecnologías		X					
19	Alejandra Molina	Gerente en MINNOVEX AG	X	X	X	X	X	X	X
20	Enrique Molina	Director Ejecutivo Expande, Fundación Chile	X	X	X			X	X
21	José Tomás Morel	Consejo Minero	X	X	X	X	X	X	X
22	Elena Moreno	Corporación Alta Ley					X		
23	Ricardo Muñoz	Asociación de Industriales de Antofagasta	X	X			X		
24	Petar Ostojic	CEO Neptuno Pumps	X	X					
25	Nancy Pérez	Codelco, Gerente Gestión Estratégica Inversiones	X	X		X	X	X	X
26	Juan Rayo	Instituto Ingeniero de Minas de Chile (IIMCH)	X		X	X	X	X	X
27	Javier Ruiz del Solar	Director Ejecutivo, AMTC, U. de Chile	X	X	X	X	X	X	X
28	Susana Silva Valenzuela	Corfo		X	X	X	X	X	X
29	Mauro Valdés	Presidente Plataforma Dinámica	X	X	X	X	X	X	
30	Iván Valenzuela	Ecometales		X	X	X	X	X	X
31	Maarten van den Berg	VDB Ingeniería Circular		X	X	X	X	X	X
32	Alfredo Zolezzi	Fundador y Director AIC Technologies		X	X				
Total			19	26	17	16	21	18	16
Equipo coordinador									
33	Jorge Cantallops	Cochilco - Representante del Min. de Minería	X	X	X		X	X	X
34	Felipe Sánchez	Cochilco – Representante del Min. de Minería				X		X	
35	Álvaro García	Estratégica - Consultor coordinador PNM2050	X	X	X	X	X	X	
36	Teresa Lihn	Estratégica - Consultor coordinador PNM2050		X	X	X	X	X	X
37	Antonio Ortiz	Estratégica - Consultor coordinador PNM2050	X	X	X	X	X	X	X
38	Oswaldo Urzúa	Karungen - Coordinador Mesa Técnica	X	X	X	X	X	X	X

Anexo 2: Propuesta de indicadores para la PNM2050, metas y responsables

Indicadores	Metas		Responsables
	2025	2030	
<p><u>Objetivo 1:</u> Se materializan inversiones en el sector minero-metalúrgico y en sus encadenamientos de proveedores, bajo estándares sociales y ambientales internacionales, que permiten proyectar un crecimiento anual de 1% de la producción minera-metalúrgica de forma competitiva y sostenible (A)</p>			Min. de Minería Sernageomin Min. de Economía Prochile Min. de Hacienda Min. de Medio Ambiente Min. Ciencia y Tecnología Min. RR.EE Corfo Corporación Alta Ley Empresas Mineras Empresas Metalúrgicas Empresas Proveedoras OEMs/Proveedores Internac. Empresas de ingeniería Universidades EPC/EPCM
1. Inversión total [US\$ Millones]	50.000	100.000	
2. Inversión en exploración			
3. Inversión en producción minera primaria			
4. Inversión en procesamiento y minería secundaria			
5. Inversión en nichos de alto potencial en encadenamiento de proveedores			
<p><u>Objetivo 2:</u> La producción minera y metalúrgica se expande a una tasa de 1% al año, fortaleciendo su competitividad y mejorando su desempeño ambiental y social según estándares ESG internacionales. (B)</p>			Min. de Minería Min. de Economía Min. de Hacienda Min. de Medioambiente Empresas Mineras Empresas Metalúrgicas Empresas Proveedoras OEMs/Proveedores Internac. Empresas de ingeniería EPC/EPCM Universidades y Centros de I+D+i
6. Producción de cobre [MT]	6.000	6.500	
7. Porcentaje de la producción minera en Q1 y Q2 cuartiles de costos [%]			

Indicadores	Metas		Responsables
	2025	2030	
8. Productividad PTF			
9. Producción de otros minerales [MT]			
10. Producción de FURE [MT]			
11. Cargos por tratamiento fundición y refinación [TC/RC]			
<u>Objetivo 3:</u> Los tiempos de tramitación de permisos para proyectos de inversión tienen un alto nivel de certeza y se desarrollan en plazo equivalentes a referentes internacionales reconocidos. Además, son acompañadas por procesos de diálogo de alta calidad para que comunidades y empresas puedan tener una discusión informada que facilite la definir acuerdos estables de mutuo beneficio y respeto			
12. Tiempo tramitación y diálogo de proyectos mineros [meses]			
13. Tiempo tramitación y diálogo proyectos metalúrgicos [meses]			
14. Tiempo de tramitación y diálogo inversiones en encaden.[meses]			
<u>Objetivo 4:</u> Existen bajos niveles de conflictividad durante la tramitación, la construcción y la puesta en marcha de proyectos de inversión en el sector minero-metalúrgico y sus encadenamientos de proveedores			
15. Número de juicios total			
16. Número de juicios en proyectos mineros			
17. Número de juicios en proyectos metalúrgicos			
18. Número de juicios en proyectos de encadenamientos			
19. Número de conflictos total			
20. Número de conflictos en proyectos mineros			
21. Número de conflictos en proyectos metalúrgicos			

Indicadores	Metas		Responsables
	2025	2030	
22. Número de conflictos en proyectos de encadenamientos de proveedores			
23. Días totales de detenciones por conflictos o juicios			
24. Días detenciones por conflictos o juicios en proyectos mineros			
25. Días detenciones por conflictos o juicios en proyectos metalúrgicos			
26. Días detenciones por conflictos o juicios en proy. encadenamientos			
Objetivo 5: Existe un alto nivel de aceptación social en comunidades, el territorio y la sociedad general de los proyectos de inversión minero-metalúrgico y sus encadenamientos de proveedores tanto durante la etapa de construcción como durante la operación y cierre (B)			
27. Nivel aceptación de inversiones y operaciones mineras en comunidad			
28. Nivel aceptación de inversiones y operaciones mineras en territorio			
29. Nivel aceptación de inversiones y operaciones mineras sociedad			
30. Nivel aceptación de inversiones y operaciones metalúrgica comunidad			
31. Nivel aceptación de inversiones y operaciones metalúrgica territorio			
32. Nivel aceptación de inversiones y operaciones metalúrgica sociedad			
33. Nivel aceptación de inversiones y operaciones proveedores comunidad			
34. Nivel aceptación de inversiones y operaciones proveedores territorio			
35. Nivel aceptación de inversiones y operaciones proveedores sociedad			
Objetivo 6: El nivel de contenido local tanto en los proyectos de inversión como en las operaciones del sector minero-metalúrgico y sus encadenamientos de proveedores es equivalente al existente en economías mineras avanzadas (C)			Ministerio de Minería Corporación Alta Ley Empresas Mineras Empresas Metalúrgicas OEMs/Proveedores Tecnológicos Universidades Centros de I+D

Indicadores	Metas		Responsables
	2025	2030	
36. Contenido local en proyectos y operaciones mineras			
37. Contenido local en proyectos y operaciones metalúrgicos			
38. Contenido local en proyectos y operaciones de encadenamientos			
39. Empleo nacional y local directo en proyectos mineros [Num; US\$]			
40. Empleo nacional y local directo en pro/op. metalúrgicos [Num; US\$]			
41. Empleo nacional y local directo en pro/op. Encadenam. [Num; US\$]			
42. Contratos con proveedores nacionales en inversión [% contratos]			
43. Compras a proveedores nacionales en inversiones [US\$ Mill; %]			
44. Contratos con proveedores nacionales operaciones [% contratos]			
45. Compras a proveedores nacionales en operaciones [US\$ Mill; %]			
Objetivo 7: Las inversiones minero-metalúrgicas y de sus encadenamientos de proveedores están acompañadas por una agenda clara de innovaciones y fortalecimiento de capacidades que fueron identificadas en la etapa de inversión y son sistemáticamente actualizadas durante la etapa de operación			Ministerio de Minería Corporación Alta Ley Empresas Mineras Empresas Metalúrgicas OEMs/Proveedores Tecnológicos Universidades y Centros de I+D
46. Innovación comprometida en inversiones mineros [% inversión]			
47. Innovación comprometida en inversión metalúrgicas [% inversión]			
48. Innovación comprometida en invers. encadenamiento [% inversión]			
49. Inversión I+D+i en sector minero-metalúrgica y encaden. [% Ventas]			
50. Número de PhDs en sector minero-metalúrgico y su encadenamiento			
51. Números de postgraduados en sector minero-metalúrgico y su encaden.			
52. Número de ingenieros en sector minero-metalúrgico y su encaden.			

Indicadores	Metas		Responsables
	2025	2030	
Objetivo 8: Los proveedores de equipos, tecnología y servicios para el sector minero-metalúrgico han alcanzado un nivel tecnológico y de productividad avanzado y generan empleo de calidad. El sector proyecta mantener una tasa de crecimiento entre un 4 a 7% al año, impulsando la diversificación productiva, el desarrollo tecnológico y la internacionalización			Ministerio de Minería Corporación Alta Ley ProChile OEMs/Proveedores Tecnológicos Universidades y Centros de I+D
53. Exportaciones de proveedores [US\$ Millones]	1.000	1.500	
54. Ventas de proveedores en Latam [US\$ Millones]			
55. Proveedores con oficinas permanentes en Latam [Num]			
56. Empleo directo de proveedores [Num]			
57. Salarios de proveedores de la minería [US\$ Millones]			
58. Productividad de proveedores mineros			
59. Número de empresas de base tecnológica y ventas [Num; US\$]			
60. Propiedad intelectual [Patentes] e Inversión en I+D+i del sector de proveedores			
61. Contribución al PIB del sector de proveedores mineros			
62. % de Crecimiento anual del sector de proveedores mineros			
63. <u>Número de proveedores mineros de clase mundial (3 años consecutivos exportaciones > 1MMUSD)</u>	250		
Objetivo 9: Las inversiones y operaciones mineras-metalúrgica y sus encadenamientos de proveedores han adoptado plenamente las tecnologías digitales. Existe un creciente volumen de negocio digitales que lleva a una disminución de costos			Ministerio de Minería Corporación Alta Ley Empresas Mineras OEMs/Proveedores Tecnológicos Universidades y Centros de I+D
64. Nivel de adopción de tecnologías digitales en procesos mineros			
65. Nivel de adopción de tecnologías digitales en procesos metalúrgicos			
66. Nivel de adopción de tecnologías digitales en encadenamientos			

Indicadores	Metas		Responsables
	2025	2030	
67. Volumen de negocios digitales en el sector minero-metalúrgico			
<u>Objetivo 10:</u> Las inversiones y operaciones mineras han adoptado modelos de producción y comercialización circular. Existe un creciente reuso y reciclado de los equipos, materiales e infraestructura que lleva a una disminución de costos y desechos			Ministerio de Minería Ministerio de Medio Ambiente Empresas Mineras Corporación Alta Ley Empresas Metalúrgicas OEMs/Proveedores Tecnológicos Universidades y Centros de I+D
68. Porcentaje equipos, materiales, infraest. y desechos trazables [%]			
69. Porcentaje de la inversión que se puede reutilizar [%]			
70. Porcentaje de la inversión que se puede reciclar [%]			
71. Pasivos ambientales que quedan en la etapa de cierre mina [Ton]			
72. Residuos que dejan las inversiones y operaciones [Ton]			
73. Volumen de residuos peligrosos [Ton residuos peligrosos]			
74. Volumen de residuos no-peligrosos [Ton residuos no-peligrosos]			
<u>Objetivo 11:</u> El sector minero-metalúrgico y sus encadenamientos avanza en disminuir sus emisiones de GEI (Alcance 1, 2 y 3) para estar alineados con el Acuerdo de París tomando en cuenta la etapa de construcción, operación y cierre			
75. GEI inversiones mineras [Ton CO2eq/Ton Mineral]			
76. Porcentaje de la producción primaria trazable [%]			
77. GEI inversiones metalúrgicos [Ton CO2eq/Ton Mineral]			
78. Porcentaje de la producción de concentrado trazable [%]			
79. GEI inversiones encadenamientos. [Ton CO2eq/Ton Mineral]			
80. Porcentaje de la cadena de abastecimiento trazable [%]			
<u>Objetivo 12:</u> El sector minero-metalúrgico y sus encadenamientos se abastece de agua desde fuentes en donde existe una gestión integrada de			

Indicadores	Metas		Responsables
	2025	2030	
acuíferos que evita que se extraiga agua de acuíferos más allá de un porcentaje de su recarga. Adicionalmente, la huella hídrica de los proyectos minero-metalúrgico y sus encadenamientos es conocida y no supera el límite definido por cuenca para con una operación sostenible.			
78. Consumo de agua continental [m3 agua /Ton Mineral]			
79. Extracción de agua desde cuencas con sistemas integrados [%]			
80. Nivel de contaminación de acuíferos			
81. Costo de m3 de agua [US\$/m3]			
Objetivo 13: Existe una pérdida neta de biodiversidad negativa (ganancia) en los proyectos minero-metalúrgico y sus encadenamientos tomando en cuenta el ciclo completo de de construcción, operación y cierre (D)			
82. Pérdida neta de biodiversidad proyectos y operaciones mineras			
83. Pérdida neta de biodiversidad proyectos y operac. Metalúrgicas			
84. Pérdida neta de biodiversidad de proyectos y operac encadenamiento			
(A) Los valores de inversiones deben ser calculados a partir de proyectas las inversiones que se necesitan para ampliar la capacidad productiva en un 1% (B) Se debe definir metodología para medir el nivel de aceptación (C) Se debe definir metodología de medición de contenido local y nivel de internacionalización de proveedores (D) Se debe definir metodología de medición de biodiversidad (E) Se debe definir metodología para medir el nivel de adopción de tecnologías y negocios digitales			

Anexo 3: Preguntas de verificación de principios definidos por la mesa técnica

La siguiente tabla presenta preguntas de verificación de principios o criterios que serán usados para evaluar los Impulsos Estratégicos y que pueden servir para mejorar la definición del Impulso

Tabla: Preguntas de Verificación de Principios y Criterios

PREGUNTAS DE VERIFICACIÓN	VALORES DE EVALUACION				
	1: Totalmente en desacuerdo 2: En desacuerdo 3: Neutral 4: De acuerdo 5: Totalmente de acuerdo				
1. Coherencia entre la visión de la PNM2050 y las iniciativas	1	2	3	4	5
<ul style="list-style-type: none"> • Los Impulsos Estratégicos están alineados y/o son un aporte relevante para avanzar en la dirección definida en la visión de la PNM2050 • Los Impulsos Estratégicos cuentan con el compromiso y apoyo de los siguientes actores del sector minero-metalúrgico: <ul style="list-style-type: none"> - Ministerio de Minería y organizaciones vinculadas - Otros ministerios y organizaciones vinculadas - Compañías mineras - Trabajadores - Empresas proveedoras nacionales - Empresas proveedoras internacionales - Universidades y centros tecnológicos - Comunidades - Organizaciones de la sociedad civil • Los Impulsos Estratégicos tienen indicadores y metas claras que cubren todas dimensiones de la sostenibilidad 					
2. Nivel de integración del desarrollo de encadenamientos productivos y desarrollo tecnológico en el arreglo institucional	1	2	3	4	5
<ul style="list-style-type: none"> • Existe un responsable político que rinda cuenta por la implementación de la PNM2050 incluyendo el desarrollo de los encadenamientos • El Congreso y los gobiernos locales están informados y respaldan los Impulsos Estratégicos • La Corporación Alta Ley cuenta con el respaldo de los actores para operar como articulador del sistema sectorial de innovación <ul style="list-style-type: none"> - Ministerio de Minería y organizaciones vinculadas - Otros ministerios y organizaciones vinculadas - Compañías mineras - Trabajadores - Empresas proveedoras nacionales - Empresas proveedoras internacionales - Universidades y centros tecnológicos - Comunidades - Organizaciones de la sociedad civil 					
3. Incentivos y exigencias como fuerzas movilizadoras	1	2	3	4	5
<ul style="list-style-type: none"> • Los Impulsos Estratégicos contemplan las nuevas exigencias que se proyectan para una minería sostenible (Ej. Trazabilidad/C.Climático) • Existen incentivos para poder enfrentar las nuevas exigencias a través de innovaciones y desarrollo de nuevas capacidades 					

- Los focos y esfuerzos para el desarrollo de proveedores locales y nacionales y de I+D+i son coherentes con las exigencias/desafíos que enfrenta la minería

--	--	--	--	--

4. Continuidad y profundización de esfuerzos históricos:

1 2 3 4 5

- Los Impulsos Estratégicos son coherentes con fortalecer el funcionamiento de:
 - Corporación Alta Ley
- Los Impulsos Estratégicos son coherentes con fortalecer el funcionamiento de:
 - Plataforma de Innovación Abierta Expande
- Los Impulsos Estratégicos son coherentes con fortalecer el funcionamiento de:
 - Plataforma de Desarrollo de Personas Eleva
- Los Impulsos Estratégicos son coherentes con fortalecer el funcionamiento de:
 - Programa Tranque
- Los Impulsos Estratégicos son coherentes con fortalecer el funcionamiento de:
 - Programa de recuperación de elementos de valor desde relaves y proyecto de Chile polimetálico
- Los Impulsos Estratégicos son coherentes con apoyar el funcionamiento de:
 - Oficina de Gestión de Proyectos Sustentables (GPS)
- Los Impulsos Estratégicos son coherentes con apoyar la puesta en marcha de:
 - Centros de Pilotaje Minero
- Los Impulsos Estratégicos son coherentes con apoyar la puesta en marcha de:
 - Centro de Economía Circular
- Los Impulsos Estratégicos son coherentes con apoyar la puesta en marcha de:
 - Instituto de Tecnologías Limpias (ITL)
- Los Impulsos Estratégicos son coherentes con apoyar la puesta en marcha de:
 - Centros Tecnológicos de Electro-movilidad
- Existen esfuerzos de desarrollo de capital humano, en particular avanzado que sea coherente con las capacidades que requieren los impulsos estratégicos
- Se ha realizado una evaluación de iniciativas en marcha o terminadas, incluyendo las dificultadas que han enfrentado y los aprendizajes

--	--	--	--	--

5. Cobertura de la cadena de conocimiento completa (I+D+i)

1 2 3 4 5

- Los Impulsos Estratégicos cubren la cadena de I+D+i, y existe adicionalidad y coherencia con desafíos que enfrenta la industria
- Existe una cartera coherente y no fragmentada de I+D+i que incluyen el escalamiento industrial y modelos de financiamiento

--	--	--	--	--

6. Integrar al territorio y sus comunidades

1 2 3 4 5

- Los Impulsos Estratégicos incluyen la participación de los territorios y comunidades en la creación de valor minero-metalúrgico sostenible
- Los Impulsos Estratégicos contemplan impulsar la participación de las regiones en los procesos de I+D+i
- Los Impulsos Estratégicos priorizadas contemplan el desarrollo de la competitividad de proveedores de regiones

--	--	--	--	--

7. Internacionalización con foco en LATAM como oportunidad

1 2 3 4 5

- Los Impulsos Estratégicos consideran una estrategia de internacionalización a nivel regional acompañada con un esfuerzo relevante y de alta calidad
- Los Impulsos Estratégicos reconocen la necesidad de integrarse a cadenas de valor globales y de trabajar en alianza con actores internacionales

--	--	--	--	--

8. Aprendizaje del pasado

1 2 3 4 5

- Existe un buen entendimiento sobre lo que están en juego con Los impulsos estratégicos, qué es lo que se perdería si ésta no se desarrolla

--	--	--	--	--

9. Acción coordinada entre ministerios y modelo de financiamiento

	1	2	3	4	5
<ul style="list-style-type: none"> • Existe una clara coordinación con políticas transversales (de otros ministerios) para que exista un esfuerzo coherente a nivel de políticas <ul style="list-style-type: none"> - Ministerio del MA – Política de Cambio Climático (NDC) - Ministerio del MA – Modernización de SEA - Ministerio del Interior – Ordenamiento Territorial - MOP-DGA – Agua, sistema de gestión integrada de cuencas - Ministerio C y T /Corfo – Desarrollo Tecnológico y Productivo - Ministerio de Economía – Coordinación de inversiones • Los Impulsos Estratégicos cuentan con un claro modelo de financiamiento que privilegia ganancias de eficiencia asociado a fondos existentes • La gobernanza de los Impulsos Estratégicos cuenta con competencia técnicas, representatividad y sistemas de reporte de calidad necesarias 					

Anexo 4: Desafíos, iniciativas y líneas de acción identificadas en los diálogos regionales

La siguiente tabla presenta el conjunto de desafíos, iniciativas y líneas de acción identificadas en los diálogos regionales. Esta tabla será usada para evaluar en qué medida los impulsos estratégicos recogen los temas identificados en regiones

Tabla: Desafíos, iniciativas y líneas de acción identificadas en los diálogos regionales

DESAFÍO/INICIATIVAS/líneas de acción	Relación con el Impulso
1. DESARROLLO DE LA CADENA DE VALOR DE SERVICIOS Y PRODUCTOS HABILITANTES	
1.1 Generación de alianzas público-privadas para la innovación y cadena de valor en torno a temas relevantes de la industria	
1.1.1 Vincular Industria-academia e incorporar a la pequeña minería	
1.1.2 Programa piloto para la implementación de V.A. en litio y geotermia	
1.1.3 Promoción de la Minería y sus beneficios	
1.1.4 Fomento de Energía limpias para la Minería (hidrógeno verde y geotermia)	
1.2 Creación de cluster minero en la Región de Atacama	
1.2.1 Fomentar el servicio y cadena de valor que generan el FNDR y FIC	
1.2.2 Fortalecer el rol de las Universidades para potenciar el capital humano para la industria	
1.2.3 Fomentar servicios de proveedores regionales para la minería	
1.2.4 Atracción de capital humano y proveedores, potenciando tecnologías para la pequeña minería	
1.2.5 Fomentar la innovación en las carreras técnicas y profesionales bajo los nuevos estándares	
1.2.6 Mayor inversión en laboratorios de investigación	
1.2.7 Identificar la oferta y demanda laboral requerida en la industria minera	
1.2.8 Generar un clúster minero en la región de Atacama	
1.2.9 Fomentar la innovación para la economía circular	
1.2.10 Desarrollar estudios prospectivos y mapas de	
1.3 Fortalecimiento del capital humano y regulatorio para el desarrollo innovativo	
1.3.1 Estudiar la factibilidad de industrializar las riquezas minerales	
1.3.2 Incorporar el conocimiento, innovación y el desarrollo tecnológico en los servicios y productos habilitantes para la minería	
1.3.3 Fortalecer el desarrollo interno en las faenas mineras de la innovación de procesos	
1.3.4 Identificar y conocer las áreas de la cadena de valor de servicios y productos habilitantes para focalizar esfuerzos de innovación	
1.3.5 Facilitar el patentamiento de mejoras productivas e innovaciones realizadas en faenas.	
1.3.6 Políticas de acción para compatibilizar la tecnología e innovación con la mano de obra	
1.3.7 Aumentar la productividad minera a través de la automatización de procesos	

1.3.8 Estudiar la factibilidad de crear parque tecnológico mediante el conocimiento de experiencias internacionales	
1.3.9 Potenciar el desarrollo de proveedores de clase mundial	
1.4 Desarrollar un ecosistema de innovación para la continuidad sostenible de la minería	
1.4.1 Programa para fortalecer y desarrollar capital humano de clase mundial	
1.4.2 Focalizar inversión en innovaciones en la región a partir de una hoja de ruta de largo plazo	
1.4.3 Potenciar la visión y valoración positiva de la minería a través del turismo tecnológico, mayor difusión y educación de sus beneficios.	
1.4.4 Potenciar la innovación a partir de subsidios a las pequeñas y medianas empresas en colaboración con la academia	
1.4.5 Generar documentos con buenas prácticas para compartir con el ecosistema	
1.4.6 Generar cultura Minera	
2. DESARROLLO DE LA CADENA DE VALOR DE MINERÍA Y DE MATERIALES	
2.1 Desarrollo Política de Estado coherente entre la academia y la industria para mayor transferencia tecnológica	
2.1.1 Crear un modelo para acercar a la academia con la industria minera (modelo AMSA)	
2.1.2 Generar políticas e incentivos para introducir innovaciones considerando las especificidades de la industria minera	
2.1.3 Sistematización de proveedores mineros y generar incentivos a la innovación	
2.1.4 Generar Política de Estado que fortalezca la oferta y demanda de proveedores mineros	
2.1.5 Fomentar investigación en materia geológica	
2.2 Potenciar la innovación y la tecnología en toda la cadena de valor	
2.2.1 Integrar a la Pequeña y mediana minería para programas piloto de innovación.	
2.2.2 Valorizar los beneficios sociales y ambientales que genera la innovación (trazabilidad de los insumos y/o efectos ambientales en la cadena de producción)	
2.2.3 Potenciar la investigación y formación aplicada de las Universidades con hojas rutas acordadas con la industria y el Estado.	
2.2.4 Potenciar desde el origen de los proyectos la innovación.	
2.3 Potenciar la minería secundaria y polimetálica con su trazabilidad	
2.3.1 Creación de una industria minera secundaria	
2.3.2 Potenciar la innovación en maquinarias, repuestos, herramientas, metodologías para la minería	
2.3.3 Potenciar la transformación digital y economía circular en la minería	
2.3.4 Desarrollar otros minerales y su cadena de valor (por ejemplo cobalto)	
2.3.5 Generar plataformas de apoyo a innovadores en minería	
2.3.6 Desarrollo del sector minero metalúrgico (fundiciones pequeñas)	
2.4 Implementar eficiencias tecnológicas en procesamiento de minerales a baja escala con foco en la pequeña y mediana minería.	
2.4.1 Promover la innovación en nuevos procesos minero-metalúrgicos y nuevos minerales	
2.4.2 Investigar acerca de nuevos productos de uso final obtenidos a través de la actividad minera	

2.4.3 Identificar iniciativas de mejoramiento o eficiencia de uso de agua, escalables a pequeña y mediana minería.	
2.4.4 Estudiar la factibilidad de implementar plantas de pequeña escala en zonas con alta actividad minera	
2.4.5 Implementar sistemas de gestión centralizados y escalables a la mediana minería con apoyo de los servicios del Estado.	

Anexo 5: Mecanismos de Financiamiento a la I+D+i: análisis comparado

Existen 2 principales mecanismos para el financiamiento de la I+D+i: Subsidios no reembolsables competitivos y Anticipos Reembolsables. Estos son adicionales a otros mecanismos como crédito a pymes, financiamiento via equity o incentivos tributarios a la I+D.

En **Estados Unidos** se usan preferentemente los subsidios no reembolsables competitivos. En el caso de la I+D realizada con fondos públicos en Universidades e Institutos Públicos (o Federal Labs), se ha encomendado al Federal Labs Consortium of Technology Transfer la tarea de ejecutar los estudios de impacto económico asociados, el que se entiende viene dado preferentemente por la incorporación de tecnología en las empresas, por la generación de nuevas empresas de base tecnológica, la creación de nuevos productos de alcance global y la creación de empleo.

En el caso de **Israel**, un ecosistema de ciencia, tecnología e innovación muy maduro y sofisticado, la I+D realizada con fondos públicos en Universidades, Centros de investigación y Consorcios Universidad-Empresa (Magnet y Magnetron) está liberada de la restitución de los fondos. Cuando se trata de innovación empresarial y emprendimiento de base tecnológica, existe un mecanismo de reembolso que opera mediante un esquema de royalty hasta completar el 100% del subsidio + intereses. Los royalties son variables, desde un 3% de las ventas para empresas pequeñas o nuevas, con tope de 5% para grandes empresas (y con algunas excepciones), el cual se extingue una vez completado el monto del fondo público y sus respectivos intereses.

En países de la **Unión Europea** existen preferentemente mecanismos de subsidios competitivos, como el caso de **Reino Unido y Alemania**, y en los últimos años han emergido mecanismos de anticipos reembolsables en países como **España, Francia e Italia**, lo cual aplica preferentemente a nivel de financiamientos nacionales. A nivel comunitario, la Comisión Europea ha estado analizando los mecanismos de financiamiento de la I+D+i, con miras a definir los lineamientos del 9º Programa Marco de Ciencia y Tecnología (FP9 de 2021-2026), concluyendo que el mecanismo principal seguirá siendo el de subsidios competitivos.

La OECD ha generado un ranking cualitativo para situar la intensidad con que los países usan estos mecanismos¹⁰, donde 0 significa “no usado” y 9 significa “alto uso y en crecimiento”. La tabla siguiente muestra una selección de 7 países miembros:

País	Indice de Subsidios no reembolsables competitivos	Indice de Anticipos Reembolsables	Indice de Innovación Global
USA	9	0	4
UK	7	0	3
Corea del Sur	8	2	11
Alemania	8	2	10
España	4	2	28
Italia	1	3	29
Francia	6	4	18

Fuente: Traducido de EARTO, 2018

¹⁰ OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2016 report.