



UNIVERSIDAD  
**Finis Terrae**

UNIVERSIDAD FINIS TERRAE  
FACULTAD DE DERECHO  
MAGISTER EN DERECHO DE LOS RECURSOS NATURALES Y MEDIO  
AMBIENTE

**MINERIA VERDE COMO DESAFIO DE LOS PROYECTOS MINEROS FRENTE  
A LA POLITICA NACIONAL MINERA 2050**

SUGEY MARINA CORONEL TOVAR

Artículo Académico presentado a la Facultad de Derecho de la Universidad Finis Terrae,  
para optar al grado de Magister en Derecho de los Recursos Naturales y Medio Ambiente.

Profesor Guía: Alejandro Canut de Bon Lagos

Santiago, Chile

2022

## **Resumen**

El presente artículo académico ha sido elaborado con el objeto de analizar y comprender los desafíos que enfrenta el sector minero para incorporarse a la minería verde y cumplir con los planes estratégicos planteados en la Política Nacional Minera 2050, y en particular analizar la producción de hidrógeno verde como una de las vías más prometedoras para el cumplimiento de esta Política Nacional.

Palabras claves: Minería verde, sector minero, Política Nacional Minera, planes estratégicos, hidrógeno verde.

## **Abtrac:**

This academic article has been prepared in order to analyze and understand the challenges faced by the Mining Sector to join Green Mining and comply with the strategic plans proposed in the National Mining Policy 2050, and in particular to analyze the production of green hydrogen. as one of the most promising ways to comply with this National Policy.

**Keywords: Green mining, mining sector, National Mining Policy, strategic plans, green hydrogen.**

## **Justificación**

La minería es una actividad productiva de alto impacto ambiental en las zonas donde se desarrolla. Los Proyectos Mineros actuales y futuros presentan grandes desafíos y sin duda deben adecuarse a un marco jurídico con mayor sensibilidad por el tema ambiental.

El objetivo principal de la Política Nacional Minera 2050, se encuentra enmarcado en la búsqueda de una coexistencia amigable entre la protección ambiental y el desarrollo económico que la actividad minera genera al país.

Es necesario avanzar hacia una Minería Verde, donde los Proyectos Mineros converjan con una Minería sustentable y sostenible económica, ambiental y socialmente.

La producción del hidrógeno verde se vislumbra como una de las alternativas que deben ser exploradas para alcanzar los objetivos de la Política Nacional Minera.

## **Objetivos:**

- Conocer el concepto de minería verde y los beneficios que representa.
- Presentar y conocer la Política Nacional Minera como una forma de alcanzar la minería verde.
- Analizar los desafíos que enfrenta el sector minero frente a la Política Nacional Minera 2050 y por ende la minería verde.
- Analizar el Hidrógeno Verde como la alternativa más prometedora para lograr los objetivos establecidos en la Política Nacional Minera.

## **Introducción**

La minería verde o sustentable, es un concepto ya desarrollado por algunos países, acuñado inicialmente en Finlandia, y adoptado por países como China, Canadá, y Australia, los cuales han definido pilares y enfoques específicos. La Minería Verde promueve la eficiencia en el uso de materiales, el agua y la energía; también, asegura la disponibilidad de minerales para uso futuro, con una manera de hacer minería que busca minimizar impactos adversos para el medio ambiente y las comunidades. El interés por su implementación ha tomado fuerza en las últimas décadas y dentro de los objetivos perseguidos está promover mejores prácticas a fin de reducir los impactos socio ambientales, migrar hacia el uso de tecnologías más limpias, el uso eficiente de los recursos y promover la reducción de la huella ambiental.

El Acuerdo de París, anima a todas las partes a formular y comunicar sus estrategias a largo plazo para un desarrollo con bajas emisiones de gases de efecto invernadero, considerando sus responsabilidades comunes pero diferenciadas, y es así que para avanzar hacia una transición justa y equitativa, de acuerdo a lo planteado en este acuerdo, y reducir los riesgos y efectos del cambio climático, apuntando hacia una reducción de gases efectos invernadero, Chile ha tomado acciones y se ha comprometido con la situación climática.

El desafío para Chile es proveer de cobre, litio y otros minerales, disminuyendo sus emisiones, utilizando menos agua continental, gestionando sus residuos y desechos, cuidando la biodiversidad en los ecosistemas.

En el presente artículo, conoceremos la definición de la minería verde y los beneficios que represente su implementación en Chile, así como los aspectos más importantes de la recién aprobada Política Nacional Minera 2050 y sus objetivos estratégicos. Igualmente revisaremos el hidrógeno verde como una de las alternativas más prometedoras para lograr avanzar en la transición hacia energías renovables y alcanzar los objetivos climáticos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero; finalizando con los desafíos que el sector minero deberá afrontar para cumplir con los objetivos plasmados en la Política Nacional Minera 2050.

## Desarrollo

### 1. Minería verde:

El término minería verde fue acuñado en Finlandia como una herramienta para posicionar a su industria minera como sustentable. De manera general, propone promover el uso eficiente de recursos como el agua y la energía, de manera de reducir la huella ambiental a lo largo del ciclo de vida de los minerales, además de minimizar la generación de residuos a través de la recuperación y reutilización de estos. También, disminuir los impactos ambientales, recuperando el capital natural e ir más allá de solo evitar efectos sociales adversos a través de crear capital social y capacidades productivas y tecnológicas que permitan maximizar los beneficios locales.<sup>1</sup>

Basado en lo anterior, la minería verde se define como aquella que comprende los siguientes atributos, tomando en cuenta todas las etapas del proceso minero:

- a) Baja en emisiones locales y globales, y que se adapta al cambio climático.
- b) Baja en residuos, minimizando su generación e insertándose en sistemas de producción circulares.
- c) Que cuida la biodiversidad de los ecosistemas donde opera.
- d) Eficiente en el uso del agua, incluyendo el cuidado de ecosistemas que podrían verse afectados por los sistemas de extracción y uso de agua.
- e) Eficiente en el uso de la energía y uso intensivo de energías renovables de bajas emisiones.
- f) Impulsora de desarrollo de encadenamientos productivos, con especialización en nichos de alto valor y contenido tecnológico que desarrollan soluciones para la minería local y global.
- g) Inserta en los territorios, abriendo espacios para la participación de las capacidades

---

<sup>1</sup> Fundación Encuentros del futuro (2022), p22

locales en los procesos de creación de valor de una minería sostenible.<sup>2</sup>

De acuerdo a lo anterior, podemos resumir el concepto de minería verde como aquella forma de extractivismo de minerales que incorpora en su base, la eficiencia en el uso de materiales, el agua y la energía, minimizando el impacto ambiental negativo y asegurando la trazabilidad de los recursos obtenidos para su correcto aprovechamiento.

**Beneficios de la Minería Verde en Chile:** Una minería baja en carbono es absolutamente necesaria, y para Chile representa beneficios significativos. A continuación se mencionaran los principales beneficios de una minería verde.

- a) Permite honrar los compromisos establecidos en el Acuerdo de París, sobre el cambio climático: El Acuerdo de París anima a todas las partes a formular y comunicar sus estrategias a largo plazo para un desarrollo con bajas emisiones de gases de efecto invernadero, tomando en cuenta los objetivos de este Acuerdo establecido en el artículo 2, considerando sus responsabilidades comunes pero diferenciadas.

ACUERDO DE PARÍS, ADOPTADO EN LA VIGÉSIMO PRIMERA REUNIÓN DE LA CONFERENCIA DE LAS PARTES DE LA CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO.

### **Artículo 2:**

1. El presente Acuerdo, al mejorar la aplicación de la Convención, incluido el logro de su objetivo, tiene por objeto reforzar la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, en el contexto del desarrollo sostenible y de los esfuerzos por erradicar la pobreza, y para ello: <sup>3</sup>

- a) Mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2°C con respecto a los niveles preindustriales, y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1,5°C con respecto a los niveles preindustriales, reconociendo que ello reduciría considerablemente los riesgos y los efectos del cambio climático;<sup>4</sup>

---

<sup>2</sup> Fundación Encuentros del futuro (2022), p23

<sup>3</sup> <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1103158> – Decreto 30 (2017) p3

<sup>4</sup> <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1103158> – Decreto 30 (2017) p3

b) Aumentar la capacidad de adaptación a los efectos adversos del cambio climático y promover la resiliencia al clima y un desarrollo con bajas emisiones de gases de efecto invernadero, de un modo que no comprometa la producción de alimentos, y<sup>5</sup>

c) Situar los flujos Financieros en un nivel compatible con una trayectoria que conduzca a un desarrollo resiliente al clima y con bajas emisiones de gases de efecto invernadero.

6

#### **Artículo 4**

1. Para cumplir el objetivo a largo plazo referente a la temperatura que se establece en el artículo 2, las Partes se proponen lograr que las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero alcancen su punto máximo lo antes posible, teniendo presente que las Partes que son países en desarrollo tardarán más en lograrlo, y a partir de ese momento reducir rápidamente las emisiones de gases de efecto invernadero, de conformidad con la mejor información científica disponible, para alcanzar un equilibrio entre las emisiones antropógenas por las fuentes y la absorción antropógena por los sumideros en la segunda mitad del siglo, sobre la base de la equidad y en el contexto del desarrollo sostenible y de los esfuerzos por erradicar la pobreza. <sup>7</sup>

2. Cada Parte deberá preparar, comunicar y mantener las sucesivas contribuciones determinadas a nivel nacional que tenga previsto efectuar. Las Partes procurarán adoptar medidas de mitigación internas, con el fin de alcanzar los objetivos de esas contribuciones. <sup>8</sup>

9. Cada Parte deberá comunicar una contribución determinada a nivel nacional cada cinco años, de conformidad con lo dispuesto en la decisión 1/CP.21 y en toda decisión pertinente que adopte la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Acuerdo, y tener en cuenta los resultados del balance mundial a que se refiere

---

<sup>5</sup> <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1103158> – Decreto 30 (2017) p3

<sup>6</sup> <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1103158> – Decreto 30 (2017) p3

<sup>7</sup> <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1103158> – Decreto 30 (2017) p3

<sup>8</sup> <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1103158> – Decreto 30 (2017) p3

el artículo 14.<sup>9</sup>

13. Las Partes deberán rendir cuentas de sus contribuciones determinadas a nivel nacional. Al rendir cuentas de las emisiones y la absorción antropógenas correspondientes a sus contribuciones determinadas a nivel nacional, las Partes deberán promover la integridad ambiental, la transparencia, la exactitud, la exhaustividad, la comparabilidad y la coherencia y velar por que se evite el doble cómputo, de conformidad con las orientaciones que apruebe la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Acuerdo.<sup>10</sup>

- b) Contribuye al cumplimiento de los planes y metas al 2030 y 2050, de acuerdo a la Política Nacional Minera 2050.
- c) Protege la salud de quienes habitan locaciones cercanas a los minerales.
- d) Reduce el consumo de agua dulce y electricidad.
- e) Reduce las emisiones de contaminantes climáticos de vida corta y gases de efecto invernadero, mitigando los efectos del cambio climático.

## **2. Política Nacional Minera como una forma de alcanzar la minería verde:**

La Política Nacional Minera, es una política de Estado que orienta el desarrollo en el corto, mediano y largo plazo para potenciar la minería como motor de desarrollo sostenible de Chile.<sup>11</sup>

Constituye una carta de navegación para la industria y para el Estado, con una visión compartida y transversal basada en los pilares de la sostenibilidad económica, social, ambiental y una buena gobernanza.

Su construcción tardó más de dos años y participaron más de 3.500 personas de gremios, empresas, pueblos originarios y academia. El 02 de marzo del 2022, mediante Decreto Supremo fue aprobada la Política Nacional Minera 2050. Esta Política Nacional establece 78 metas de corto, mediano y largo plazo en cuatro ejes fundamentales: medioambiental, social, económico e institucional.

---

<sup>9</sup> <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1103158> – Decreto 30 (2017) p4

<sup>10</sup> <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1103158> – Decreto 30 (2017) p4

<sup>11</sup> <https://www.politicanacionalminera.cl/> (2022) p1

Es importante señalar que la Política Nacional Minera 2050 fue sometida a la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE), y resumimos a continuación los resultados y aportes de esta Evaluación:

1. Se enfocó en el proceso de toma de decisiones, sincronizando el proceso de diseño de la PNM 2050 con el de la EAE. <sup>12</sup>
2. Se basó en el diálogo multisectorial y territorial a lo largo de todo Chile, que incluye una participación ciudadana y de los Órganos de la Administración del Estado vinculados con temas relacionados a la PNM 2050. <sup>13</sup>
3. El análisis se focalizó en seis factores críticos para la sustentabilidad de la minería y el medioambiente (cambio climático, energía y agua; patrimonio y conservación; territorio y riesgos; inclusión y derechos; productividad e innovación; gobernanza institucional).
4. Definió desde el inicio cinco objetivos ambientales y seis criterios de desarrollo sustentable que aportaron a fortalecer la PNM 2050. <sup>14</sup>
5. Evaluó oportunidades y riesgos de las 15 opciones de desarrollo para temas específicos de la toma de decisiones en la minería. <sup>15</sup>
6. Incluyó mecanismos de seguimiento y criterios para el rediseño y actualización de la PNM 2050. <sup>16</sup>

Con la aprobación de la Política Nacional Minera 2050, Chile cuenta por primera vez con un instrumento que le permitirá transitar hacia un desarrollo bajo en emisiones de gases de efecto invernadero y cumplir con los planes y metas establecidos en la Política Nacional Minera 2050, en los siguientes ámbitos:

**Ámbito Económico:** Ser líder mundial en producción responsable, sustentable, competitiva e innovadora con estándares de clase mundial. <sup>17</sup>

---

<sup>12</sup> [www.politicanacionalminera.cl/wp-content/uploads/2022/03/Mineria\\_2050-Politica\\_Nacional\\_Minera.pdf](http://www.politicanacionalminera.cl/wp-content/uploads/2022/03/Mineria_2050-Politica_Nacional_Minera.pdf), (2022) p27

<sup>13</sup> [www.politicanacionalminera.cl/wp-content/uploads/2022/03/Mineria\\_2050-Politica\\_Nacional\\_Minera.pdf](http://www.politicanacionalminera.cl/wp-content/uploads/2022/03/Mineria_2050-Politica_Nacional_Minera.pdf), (2022) p27

<sup>14</sup> [www.politicanacionalminera.cl/wp-content/uploads/2022/03/Mineria\\_2050-Politica\\_Nacional\\_Minera.pdf](http://www.politicanacionalminera.cl/wp-content/uploads/2022/03/Mineria_2050-Politica_Nacional_Minera.pdf), (2022) p27

<sup>15</sup> [www.politicanacionalminera.cl/wp-content/uploads/2022/03/Mineria\\_2050-Politica\\_Nacional\\_Minera.pdf](http://www.politicanacionalminera.cl/wp-content/uploads/2022/03/Mineria_2050-Politica_Nacional_Minera.pdf), (2022) p27

<sup>16</sup> [www.politicanacionalminera.cl/wp-content/uploads/2022/03/Mineria\\_2050-Politica\\_Nacional\\_Minera.pdf](http://www.politicanacionalminera.cl/wp-content/uploads/2022/03/Mineria_2050-Politica_Nacional_Minera.pdf), (2022) p27

<sup>17</sup> [www.politicanacionalminera.cl/wp-content/uploads/2022/03/Mineria\\_2050-Politica\\_Nacional\\_Minera.pdf](http://www.politicanacionalminera.cl/wp-content/uploads/2022/03/Mineria_2050-Politica_Nacional_Minera.pdf) (2022) ,p34

### **Objetivos Estratégicos:**

- ✓ Ser líder mundial en la producción sustentable de minerales, fomentando la economía mundial baja en carbono y resguardando la salud de las personas y el ambiente.<sup>18</sup>
- ✓ Generar una industria de encadenamientos a la vanguardia en innovación y desarrollo.<sup>19</sup>
- ✓ Incrementar la productividad sustentable y competitividad de la industria minera.<sup>20</sup>

**Ámbito Social:** Mejorar la calidad de vida de los trabajadores, desarrollada de manera armónica desde los territorios y agregar valor a las comunidades y el país.<sup>21</sup>

### **Objetivos Estratégicos:**

- ✓ Contar con empleos de calidad, inclusivos y con altos estándares en seguridad.<sup>22</sup>
- ✓ Desarrollar proyectos de manera colaborativa con las comunidades y pueblos indígenas.<sup>23</sup>
- ✓ Generar valor reduciendo la pobreza multidimensional y resguardando el patrimonio en los territorios donde está inserta.<sup>24</sup>

**Ámbito Ambiental:** Estar a la vanguardia en la gestión de sus recursos y el medio ambiente, abordar sus impactos y generar una ganancia neta en la biodiversidad.<sup>25</sup>

### **Objetivos Estratégicos:**

- ✓ Liderar el modelo de economía circular a través de la reutilización de residuos y uso eficiente de recursos.<sup>26</sup>
- ✓ Liderar la adaptación y mitigación al cambio climático logrando la carbono neutralidad

---

<sup>18</sup> [www.politicanacionalminera.cl/wp-content/uploads/2022/03/Mineria\\_2050-Politica\\_Nacional\\_Minera.pdf](http://www.politicanacionalminera.cl/wp-content/uploads/2022/03/Mineria_2050-Politica_Nacional_Minera.pdf) (2022) p34.

<sup>19</sup> [www.politicanacionalminera.cl/wp-content/uploads/2022/03/Mineria\\_2050-Politica\\_Nacional\\_Minera.pdf](http://www.politicanacionalminera.cl/wp-content/uploads/2022/03/Mineria_2050-Politica_Nacional_Minera.pdf) (2022) p34.

<sup>20</sup> [www.politicanacionalminera.cl/wp-content/uploads/2022/03/Mineria\\_2050-Politica\\_Nacional\\_Minera.pdf](http://www.politicanacionalminera.cl/wp-content/uploads/2022/03/Mineria_2050-Politica_Nacional_Minera.pdf) (2022) p34.

<sup>21</sup> [www.politicanacionalminera.cl/wp-content/uploads/2022/03/Mineria\\_2050-Politica\\_Nacional\\_Minera.pdf](http://www.politicanacionalminera.cl/wp-content/uploads/2022/03/Mineria_2050-Politica_Nacional_Minera.pdf) (2022) p34.

<sup>22</sup> [www.politicanacionalminera.cl/wp-content/uploads/2022/03/Mineria\\_2050-Politica\\_Nacional\\_Minera.pdf](http://www.politicanacionalminera.cl/wp-content/uploads/2022/03/Mineria_2050-Politica_Nacional_Minera.pdf) (2022) p34.

<sup>23</sup> [www.politicanacionalminera.cl/wp-content/uploads/2022/03/Mineria\\_2050-Politica\\_Nacional\\_Minera.pdf](http://www.politicanacionalminera.cl/wp-content/uploads/2022/03/Mineria_2050-Politica_Nacional_Minera.pdf) (2022) p34.

<sup>24</sup> [www.politicanacionalminera.cl/wp-content/uploads/2022/03/Mineria\\_2050-Politica\\_Nacional\\_Minera.pdf](http://www.politicanacionalminera.cl/wp-content/uploads/2022/03/Mineria_2050-Politica_Nacional_Minera.pdf) (2022) p34.

<sup>25</sup> [www.politicanacionalminera.cl/wp-content/uploads/2022/03/Mineria\\_2050-Politica\\_Nacional\\_Minera.pdf](http://www.politicanacionalminera.cl/wp-content/uploads/2022/03/Mineria_2050-Politica_Nacional_Minera.pdf) ,(2022) p34.

<sup>26</sup> [www.politicanacionalminera.cl/wp-content/uploads/2022/03/Mineria\\_2050-Politica\\_Nacional\\_Minera.pdf](http://www.politicanacionalminera.cl/wp-content/uploads/2022/03/Mineria_2050-Politica_Nacional_Minera.pdf) ,(2022) p34.

del sector al 2040.<sup>27</sup>

- ✓ Minimizar los efectos ambientales armonizando el desarrollo de la actividad minera con el medio ambiente.<sup>28</sup>

**Ámbito Institucional:** El Estado creará las condiciones para el desarrollo sustentable de la industria a través de instituciones sólidas, generando un ambiente propicio y dando garantías para la atracción de inversiones.<sup>29</sup>

### **Objetivos Estratégicos:**

- ✓ Contar con una institucionalidad moderna, transparente y con una gestión eficiente, velando por el desarrollo de la industria para el beneficio del país.<sup>30</sup>
- ✓ Contar con un marco jurídico del sector minero para un desarrollo sustentable en el largo plazo.<sup>31</sup>
- ✓ Promover la valorización de la minería por parte de la sociedad.<sup>32</sup>
- ✓ Potenciar el marco de fomento orientado a la sustentabilidad de la pequeña y mediana minería, aprovechando toda la riqueza del país.<sup>33</sup>
- ✓ Fortalecer a Codelco y Enami como empresas del Estado y referentes a nivel internacional.<sup>34</sup>

### **3. Desafíos del Sector Minero:**

La minería verde conlleva una serie de desafíos que el sector minero tiene que lograr para ser sostenible en el tiempo. Estos desafíos van de la mano con lo establecido en la Política

---

<sup>27</sup> [www.politicanacionalminera.cl/wp-content/uploads/2022/03/Mineria\\_2050-Politica\\_Nacional\\_Minera.pdf](http://www.politicanacionalminera.cl/wp-content/uploads/2022/03/Mineria_2050-Politica_Nacional_Minera.pdf) (2022) p34.

<sup>28</sup> [www.politicanacionalminera.cl/wp-content/uploads/2022/03/Mineria\\_2050-Politica\\_Nacional\\_Minera.pdf](http://www.politicanacionalminera.cl/wp-content/uploads/2022/03/Mineria_2050-Politica_Nacional_Minera.pdf) (2022) p34.

<sup>29</sup> [www.politicanacionalminera.cl/wp-content/uploads/2022/03/Mineria\\_2050-Politica\\_Nacional\\_Minera.pdf](http://www.politicanacionalminera.cl/wp-content/uploads/2022/03/Mineria_2050-Politica_Nacional_Minera.pdf) (2022) p34.

<sup>30</sup> [www.politicanacionalminera.cl/wp-content/uploads/2022/03/Mineria\\_2050-Politica\\_Nacional\\_Minera.pdf](http://www.politicanacionalminera.cl/wp-content/uploads/2022/03/Mineria_2050-Politica_Nacional_Minera.pdf) (2022) p34.

<sup>31</sup> [www.politicanacionalminera.cl/wp-content/uploads/2022/03/Mineria\\_2050-Politica\\_Nacional\\_Minera.pdf](http://www.politicanacionalminera.cl/wp-content/uploads/2022/03/Mineria_2050-Politica_Nacional_Minera.pdf) (2022) p34.

<sup>32</sup> [www.politicanacionalminera.cl/wp-content/uploads/2022/03/Mineria\\_2050-Politica\\_Nacional\\_Minera.pdf](http://www.politicanacionalminera.cl/wp-content/uploads/2022/03/Mineria_2050-Politica_Nacional_Minera.pdf) (2022) p34.

<sup>33</sup> [www.politicanacionalminera.cl/wp-content/uploads/2022/03/Mineria\\_2050-Politica\\_Nacional\\_Minera.pdf](http://www.politicanacionalminera.cl/wp-content/uploads/2022/03/Mineria_2050-Politica_Nacional_Minera.pdf) (2022) p34.

<sup>34</sup> [www.politicanacionalminera.cl/wp-content/uploads/2022/03/Mineria\\_2050-Politica\\_Nacional\\_Minera.pdf](http://www.politicanacionalminera.cl/wp-content/uploads/2022/03/Mineria_2050-Politica_Nacional_Minera.pdf) (2022) p34.

Nacional Minera 2050.

La minería verde tiene también sus detractores por los impactos socio-ambientales que ha generado a lo largo de la historia la minería tradicional, por lo que consideran que no es tan fácil transformar la minería en verde. Es por ello que lograr una minería verde, implica una serie de desafíos que el sector minero tiene que enfrentar, y de los cuales resumimos los más relevantes:

- a) Lograr que la extracción de los recursos naturales renovables permita establecer un modelo productivo sustentable.
- b) Lograr la producción de cobre y subproductos con mínima huella de carbono.
- c) Reducir los riesgos y efectos del cambio climático, apuntando hacia una reducción de gastos efectos invernadero, de acuerdo a lo planteado en el Acuerdo de París.
- d) Lograr una minería baja en emisiones e impactos, incorporando al proceso productivo metas de eficiencia hídrica, siendo éste uno de los objetivos establecidos en la Política Nacional Minera 2050.
- e) Sustituir combustibles por energías renovables, incorporando el hidrógeno verde como combustible alternativo, lo que se traduce en eliminación de emisiones de gases efecto invernadero y contaminantes y a la reducción de la dependencia energética al producirse el hidrógeno de forma local.
- f) Incorporación de principios circulares, minimizando las emisiones de residuos.

#### **4. Hidrógeno Verde, la alternativa más prometedora para lograr los objetivos climáticos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero:**

En el 2021, se aprobó el primer proyecto de hidrógeno verde en Chile. Este consiste en la creación y operación de una planta química en la región de Magallanes. Ahí se producirá la que es considerada una de las alternativas energéticas más prometedoras de la actualidad, ya que se origina a partir de energías renovables.

El hidrógeno verde, es la evolución de un gas industrial utilizado ampliamente hace cientos de años: el hidrógeno elemental (H<sub>2</sub>). Hoy se produce con eficiencias y escalas cada vez mayores a partir del agua. Esta se separa en sus componentes, hidrógeno y oxígeno,

utilizando energía eléctrica renovable. <sup>35</sup>

En el ecosistema minero el hidrógeno tiene potencial para ser utilizado en fabricación de explosivos de bajas emisiones, movimiento de mineral, procesos metalúrgicos, generación eléctrica de respaldo, transporte de personal e insumos a la mina y exportación del mineral de forma sustentable.

Considerando este escenario, el hidrógeno verde se vislumbra como la gran solución para lograr la disminución de Emisiones Gases con Efecto Invernadero, y la minería podría ser la clave para potenciar a Chile como el mayor exportador de esta energía renovable al mundo. Afortunadamente los yacimientos mineros en el país se ubican en zonas privilegiadas para la producción de hidrógeno verde dada la presencia de recursos energéticos renovables. Esto convierte a la industria minera en un candidato excelente para incorporar el uso de hidrógeno verde y así es considerado también en la estrategia nacional de hidrógeno.

La adaptación a una economía sustentable en el largo plazo, que no genere gases con efecto invernadero, implica impactos que si no se manejan bien, generarán pérdidas de empleo, especialmente en comunidades que hoy dependen de actividades generadores de CO<sub>2</sub>. <sup>36</sup>

La idea planteada para avanzar en el proceso de des-carbonización, implicada hacerlo mediante un proceso de transición con un “imperativo moral de no dejar a nadie atrás” y, también con un sentido pragmático de reducir “la resistencia al cambio de los potentes perdedores” <sup>37</sup>

Después de varias décadas de expectación por el potencial del hidrógeno como energético, hoy este elemento está listo para asumir un rol protagónico en la transición energética y productiva que el mundo debe navegar. <sup>38</sup>

---

<sup>35</sup> [https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia\\_nacional\\_de\\_hidrogeno\\_verde\\_-\\_chile.pdf](https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia_nacional_de_hidrogeno_verde_-_chile.pdf) (2020) p9

<sup>36</sup> PEDRALS (2021), p20

<sup>37</sup> PEDRALS (2021), p20

<sup>38</sup> [https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia\\_nacional\\_de\\_hidrogeno\\_verde\\_-\\_chile.pdf](https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia_nacional_de_hidrogeno_verde_-_chile.pdf), (2020) p8

Los sectores solares y eólicos están madurando aceleradamente. En 6 años, Chile ha quintuplicado su capacidad de generación de esas fuentes y se proyecta que, al 2030, hasta el 70% de su matriz eléctrica sea renovable. La creciente inversión en estas energías, así como en almacenamiento y en infraestructura de transmisión, es una señal inequívoca de una transición decidida a un sistema eléctrico más sostenible.<sup>39</sup>

La Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde, lanzada en noviembre de 2020, apunta a convertir a Chile en líder mundial en producción, uso doméstico y exportación de este combustible. Su objetivo, además de ayudar en el proceso de des-carbonización nacional de algunas actividades productivas clave, para darles mayor competitividad a nivel internacional, es contribuir a lograr la meta de Chile como país cero emisiones al año 2050.

Las principales metas de la Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde son:

**Al 2025:**

- Inversiones en hidrógeno verde en Latinoamérica<sup>40</sup>
- Capacidad de electrólisis construida y en desarrollo<sup>41</sup>
- Producción en al menos 2 polos de hidrógeno verde en Chile<sup>42</sup>

**Al 2030:**

- Producir el hidrógeno verde más barato del planeta.<sup>43</sup>
- Situar a Chile como un exportador global de hidrógeno verde y sus derivados.<sup>44</sup>
- Ser Líder productor global de hidrógeno verde por electrólisis.<sup>45</sup>

---

<sup>39</sup> [https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia\\_nacional\\_de\\_hidrogeno\\_verde\\_-\\_chile.pdf](https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia_nacional_de_hidrogeno_verde_-_chile.pdf), (2020) p10

<sup>40</sup> [https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia\\_nacional\\_de\\_hidrogeno\\_verde\\_-\\_chile.pdf](https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia_nacional_de_hidrogeno_verde_-_chile.pdf), (2020) p19

<sup>41</sup> [https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia\\_nacional\\_de\\_hidrogeno\\_verde\\_-\\_chile.pdf](https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia_nacional_de_hidrogeno_verde_-_chile.pdf), (2020) p19

<sup>42</sup> [https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia\\_nacional\\_de\\_hidrogeno\\_verde\\_-\\_chile.pdf](https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia_nacional_de_hidrogeno_verde_-_chile.pdf), (2020) p19

<sup>43</sup> [https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia\\_nacional\\_de\\_hidrogeno\\_verde\\_-\\_chile.pdf](https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia_nacional_de_hidrogeno_verde_-_chile.pdf), (2020) p19

<sup>44</sup> [https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia\\_nacional\\_de\\_hidrogeno\\_verde\\_-\\_chile.pdf](https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia_nacional_de_hidrogeno_verde_-_chile.pdf), (2020) p19

<sup>45</sup> [https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia\\_nacional\\_de\\_hidrogeno\\_verde\\_-\\_chile.pdf](https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia_nacional_de_hidrogeno_verde_-_chile.pdf), (2020) p19

La lucha contra el cambio climático comenzó, y frente a los grandes desafíos que enfrentamos para lograr que la economía esté libre de emisiones carbono, y para lograrlo, el hidrógeno verde es clave, pues será un elemento fundamental en tres sectores:

- Cambio climático: Será clave para cumplir las metas ambientales incluyendo las metas de carbono neutralidad al 2050.
- Oportunidades sociales: Se espera que esta industria promueva el desarrollo de competencias y capital humano, reducción de contaminación local y activación de ecosistemas de desarrollo.
- Desarrollo económico: Habilitando la diversificación productiva, la creación de empleos, y polos de inversión en regiones.

Los primeros pasos ya están dados, y Chile es un país rico en energías de futuro, así lo vemos plasmado en “H2V HIDROGENO VERDE UN PROYECTO PAÍS”, la misma señala que la generación solar en la zona central es más competitiva que la generación eléctrica con energía fósil. Este potencial es cercano a grandes centros de consumo, a redes de gas y a centros logísticos portuarios y viales.<sup>46</sup>

Es por ello que se hace indispensable fomentar las tecnologías de hidrógeno verde, transitar hacia una matriz energética basada en hidrógeno verde, y promover el liderazgo del país como potencia energética limpia a nivel mundial.

El hidrógeno verde en la adopción de estrategias para avanzar a la carbono neutralidad, en industrias como la minería es de vital importancia. La toma de conciencia respecto de la necesidad de bajar las emisiones de gases de efecto invernadero ha crecido exponencialmente en los últimos años.

**El momento del hidrógeno es ahora:** Después de varias décadas de expectación por el potencial del hidrógeno como energético, hoy este elemento está listo para asumir un rol protagónico en la transición energética y productiva que el mundo debe navegar.<sup>47</sup>

---

<sup>46</sup> [https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/hidrogeno\\_verde\\_un\\_proyecto\\_pais.pdf](https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/hidrogeno_verde_un_proyecto_pais.pdf), (2020) p8

<sup>47</sup> [https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia\\_nacional\\_de\\_hidrogeno\\_verde\\_-\\_chile.pdf](https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia_nacional_de_hidrogeno_verde_-_chile.pdf), (2020) p8

Al 2050, las matrices energéticas y economías del mundo lucirán más verdes. La disminución proyectada de los costos de energía renovable y electrólisis, junto con la necesidad de descarbonizar todos los sectores de las economías, impulsarán un mercado global del hidrógeno verde y sus derivados.<sup>48</sup>

Los sectores solares y eólicos están madurando aceleradamente. En 6 años, Chile ha quintuplicado su capacidad de generación de esas fuentes y se proyecta que, al 2030, hasta el 70% de su matriz eléctrica sea renovable. La creciente inversión en estas energías, así como en almacenamiento y en infraestructura de transmisión, es una señal inequívoca de una transición decidida a un sistema eléctrico más sostenible.<sup>49</sup>

Potenciar la minería en el corto, mediano y largo plazo como el motor de desarrollo sostenible de Chile es el principal objetivo de la Política Nacional Minera 2050, a través del uso eficiente de recursos liderar la adaptación y mitigación al cambio climático logrando la carbono neutralidad del sector minero al 2040 y minimizar los efectos ambientales armonizando el desarrollo de la actividad minera con el medioambiente.

Una transformación a esta escala solo se logrará con el desarrollo de energías limpias, lo que generará una mayor demanda de minerales en los que Chile es un productor importante, especialmente el cobre.

El hidrógeno verde ha adquirido un rol relevante durante los últimos años y es altamente considerado en el desarrollo de estrategias de reducción de emisiones en el sector minero.

Chile posee un potencial renovable envidiable, del orden de 1.850 GW, lo que representa unas setenta veces la capacidad instalada de generación eléctrica en el país. Existe la posibilidad real de explotar el potencial renovable en Chile y transformarlo en la Arabia Saudita de la producción energética renovable. El desafío de las fuentes renovables no radica en la generación, sino en el almacenamiento de la energía que se pueda producir. Una posible solución para hacer gestionable estas energías es la producción de hidrógeno verde a partir de fuentes energéticas.<sup>50</sup>

---

<sup>48</sup> [https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia\\_nacional\\_de\\_hidrogeno\\_verde\\_-\\_chile.pdf](https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia_nacional_de_hidrogeno_verde_-_chile.pdf) (2020) p8

<sup>49</sup> [https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia\\_nacional\\_de\\_hidrogeno\\_verde\\_-\\_chile.pdf](https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia_nacional_de_hidrogeno_verde_-_chile.pdf) (2020) p10

<sup>50</sup> FUNEZ Y REYES, (2019) p.11

El hidrógeno siempre que se produzca a partir de energías renovables, tiene un potencial enorme como combustible alternativo, fundamentalmente, debido a la eliminación de emisiones de gases efecto invernadero y contaminantes y a la reducción de la dependencia energética al producirse hidrógeno de forma local. Entre todas las aplicaciones en las que el hidrógeno puede utilizarse como combustible alternativo, en Chile tiene un potencial enorme el uso del hidrógeno como combustible en maquinaria minera subterránea, debido a los ahorros de energía eléctrica asociados a la ventilación, al no existir gases de efecto invernadero en el interior de la mina y a la reducción, e incluso la eliminación de túneles relacionados con el servicio de ventilación de la mina.<sup>51</sup>

Existe una serie de producciones auxiliares asociadas a la industria minera, siendo una de las más importantes la industria del explosivo tan necesario para las labores mineras. Uno de los explosivos de mayor uso en el país es el nitrato amónico, que se fabrica a partir del ácido nítrico y amoniaco, este último es importado en su totalidad. En la actualidad el 90% de la emisión de gases con efecto invernadero de la industria de fabricación de explosivos proviene de gas natural utilizado para generar el hidrógeno necesario para la fabricación del amoniaco. Hoy día es factible fabricar amoniaco utilizando energías renovables, de esta forma es posible reducir las emisiones de gases efecto invernadero y eliminar la volatilidad del amoniaco importado ya que depende directamente del gas natural.<sup>52</sup>

También relacionado a la industria minera, el hidrógeno tiene un enorme potencial al ser utilizado como agente reductor en las fundiciones de cobre, en concreto en la etapa de reducción de la fabricación de cobre blíster. De esta forma, se suprimirían gran parte de las emisiones de gases de efecto invernadero y contaminantes, se eliminaría la dependencia de los combustibles fósiles y se optimizarían los hornos de afino, que es donde se produce el cobre blíster. Al ser la reducción más efectiva implica un menor tiempo de reacción lo que permite tener la misma producción con el mismo horno de afino.<sup>53</sup>

Es por ello que, Chile tiene una gran oportunidad de convertirse en un potencial exportador de hidrógeno a otros países que no poseen los mismos recursos naturales.

---

<sup>51</sup> FUNEZ Y REYES, (2019) p.12

<sup>52</sup> FUNEZ Y REYES, (2019) p.12

<sup>53</sup> FUNEZ Y REYES, (2019) p.12

**Uso del hidrógeno en la fabricación de explosivos:** Un factor clave en la explotación minera es contar con explosivos adecuados para abrirse paso en los distintos yacimientos, tanto a tajo abierto como subterráneos. La tronadura es uno de los procesos de mayor relevancia en la extracción minera y su misión específica es pre acondicionar la roca, sea mineral o estéril, para su posterior tratamiento de la forma más económica y sustentable.<sup>54</sup> El nitrato amónico es el principal componente de todos los explosivos industriales modernos y se obtiene mediante la neutralización del ácido nítrico con amoníaco, y es uno de los explosivos más utilizados en la minería chilena.<sup>55</sup>

Tomando el hidrógeno renovable y el hidrógeno generado a partir de energías renovables, se puede disponer de la energía eléctrica necesaria para alimentar una planta de fraccionamiento de aire que permitirá disponer de nitrógeno. Tomando el hidrógeno renovable y el nitrógeno generado a partir de energías renovables, mediante la utilización del proceso Haber-Bosch, es factible producir amoníaco verde, reduciendo de esta forma la huella de CO<sub>2</sub>, asociada a la fabricación de ANFO, uno de los explosivos más utilizados en Chile.<sup>56</sup>

**Uso del Hidrógeno en las fundiciones del Cobre:** La industria minera y metalúrgica tiende a ser considerada como ambientalmente poco amigable, esta percepción se basa primero en su carácter poco sostenible debido a la explotación de un recurso considerado como no renovable y segundo en la gran cantidad de residuos que genera a lo largo de los distintos procesos involucrados.<sup>57</sup>

La sostenibilidad debe ser analizada bajo criterios más específicos como: eficacia en los recursos naturales, eficacia energética y minimización de los residuos y su impacto.

La gran cantidad de recursos generados es una característica intrínseca de los procesos mineros. En los minerales de cobre, el metal de interés se extrae a partir de un mineral sulfurado en el que se encuentra en una concentración del 1%, por lo que para producir una

---

<sup>54</sup> FUNEZ Y REYES, (2019) p.58

<sup>55</sup> FUNEZ Y REYES, (2019) p.58

<sup>56</sup> FUNEZ Y REYES, (2019) p.61

<sup>57</sup> FUNEZ Y REYES, (2019) p.63

tonelada de cobre, se genera como mínimo 99 toneladas de residuos los que están constituidos por todos los elementos presentes en el mineral. A estas 99 toneladas se le deben añadir los estériles que deben ser removidos al acceder al mineral.<sup>58</sup>

En la actualidad, la reducción del cobre blíster se realiza con diésel, gas natural o mezcla de gas natural y vapor de agua, generando una gran cantidad de emisiones a la atmósfera.<sup>59</sup>

Es posible reducir el cobre blíster mediante el hidrógeno generado a partir de energías renovables, eliminando las emisiones contaminantes originadas por los combustibles fósiles que habitualmente se utilizan como reductores.<sup>60</sup>

Es posible utilizar el hidrógeno electrolítico como agente reductor en el horno anódico. El hidrógeno se producirá mediante el electrolizador polimérico o alcalino, al que se alimentará electricidad d origen renovable y agua para reductor utilizado en el horno de ánodos y el oxígeno se utilizará en otras etapas del proceso de refinación del cobre, al ser un subproducto del proceso de electrólisis del agua. El electrolizador se instalará en la fundición para que suministre en línea el hidrógeno necesario, eliminando de esta forma la necesidad de transportar hidrógeno necesario, eliminando de esta forma la necesidad de transportar hidrocarburos líquidos o gaseosos desde sus centro de origen hasta las fundiciones, de esta forma se reducen las emisiones en el transporte, así como el tráfico en carreteras.<sup>61</sup>

Del mismo modo, al utilizar hidrógeno como reductor, no se generarán emisiones de gases efectos invernadero y se disminuirá el contenido en azufre en el horno de ánodos o anódico, lo que hará la siguiente etapa de electro refinación más eficiente.<sup>62</sup>

Es importante tomar en cuenta que el proceso de refino de cobre a fuego se lleva a cabo en dos etapas discontinuas o bach, una en la que se oxida y otra en la que se reduce. En la etapa

---

<sup>58</sup> FUNEZ Y REYES, (2019) p.63

<sup>59</sup> FUNEZ Y REYES, (2019) p.65

<sup>60</sup> FUNEZ Y REYES, (2019) p.65

<sup>61</sup> FUNEZ Y REYES, (2019) p.68

<sup>62</sup> FUNEZ Y REYES, (2019) p.68

de reducción al utilizar el hidrógeno que es el reductor universal, dicha reducción será más eficiente y el tiempo del proceso de oxidación será minimizado.<sup>63</sup>

**El hidrógeno verde más competitivo del planeta:** La Estrategia Nacional del Hidrógeno verde, vuelca una mirada hacia la competitividad del Hidrógeno Verde, y es que en Chile los beneficios tributarios vigentes para zonas extremas son factores que contribuyen a la competitividad de los modelos de negocio basados en este combustible limpio en nuestro país.<sup>64</sup>

El hidrógeno verde producido en el Desierto de Atacama y en la Región de Magallanes tendría el costo nivelado de producción más bajo del mundo al 2030.<sup>65</sup>

El uso del hidrógeno verde abre la brecha a una oportunidad de tener una Minería limpia, y para ello en la Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde, se señala como se materializará esta oportunidad y la distinguen en tres oleadas:

**Primera oleada:** Serán consumos domésticos de gran escala con demanda establecida. Las oportunidades de más corto plazo son el reemplazo de amoníaco importado por producción local y el reemplazo del hidrógeno gris utilizado en las refinerías del país. Luego, el uso en transporte de pasajeros y carga pesada de larga distancia se volverá atractivo.<sup>66</sup>

**Segunda Oleada:** En la segunda mitad de la década veremos más usos de transporte y el inicio de la exportación. Una producción de hidrógeno más competitiva desplazará a combustibles líquidos en el transporte terrestre en nuevas aplicaciones, como en la minería, y a combustibles gaseosos en redes de distribución. En paralelo, se abre una clara oportunidad de exportación de hidrógeno y sus derivados a mercados internacionales.<sup>67</sup>

---

<sup>63</sup> FUNEZ Y REYES, (2019) p.68

<sup>64</sup> [https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia\\_nacional\\_de\\_hidrogeno\\_verde\\_-\\_chile.pdf](https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia_nacional_de_hidrogeno_verde_-_chile.pdf), (2020) p11

<sup>65</sup> [https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia\\_nacional\\_de\\_hidrogeno\\_verde\\_-\\_chile.pdf](https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia_nacional_de_hidrogeno_verde_-_chile.pdf), (2020) p11

<sup>66</sup> [https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia\\_nacional\\_de\\_hidrogeno\\_verde\\_-\\_chile.pdf](https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia_nacional_de_hidrogeno_verde_-_chile.pdf), (2020), p13

<sup>67</sup> [https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia\\_nacional\\_de\\_hidrogeno\\_verde\\_-\\_chile.pdf](https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia_nacional_de_hidrogeno_verde_-_chile.pdf), (2020), p13

**Tercera Oleada:** En el largo plazo, se abrirán nuevos mercados de exportación para escalar. Los sectores del transporte marítimo y aéreo podrán ser descarbonizados mediante combustibles derivados del hidrógeno, tanto en rutas locales como internacionales. Además a medida que otros países se descarbonicen, crecerán los mercados de exportación<sup>68</sup>

En la Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde, se plasman las estrategias que se plantean alcanzar para lograr la Industria Limpia al 2033, las cuales están divididas en tres etapas:

**Etapa I: 2020-2025:** En esta etapa, se **prevé** anticipar el despliegue del Hidrogeno Verde, en seis (06) aplicaciones prioritarias en Chile para construir un mercado local. Se iniciará una industria local mediante esfuerzos y regulación que incentiven la producción y que fomenten la demanda de este elemento limpio y sus derivados. El foco estará en las aplicaciones que se encuentren más cerca de mercado y/o que presenten una demanda establecida, concentrada y de gran escala. Así, se generará conocimiento, escala, infraestructura y cadenas de suministro que permitirán a Chile acceder a mercados de exportación.<sup>69</sup>

En las etapas II y III, comprendidas entre el 2025-2030 y más, el objetivo es escalar y conquistar mercados globales.

**Etapa II:** La meta fundamental es apalancar la experiencia local para entrar con fuerza en mercados internacionales. Se levantará una industria de producción y exportación de amoniaco verde mediante la atracción y promoción de consorcios de escala de GW. Además, se establecerán acuerdos para acelerar el desarrollo de la exportación de hidrógeno.<sup>70</sup>

**Etapa III:** En esta etapa, ya el objetivo es avanzar y consolidar a Chile como proveedor global de energía limpia. Explotaremos las sinergias y economías de escala para avanzar como proveedor global de energéticos limpios. A medida que otros países refuercen sus iniciativas de descarbonización y se desarrollen nuevas tecnologías, el mercado de

---

<sup>68</sup> [https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia\\_nacional\\_de\\_hidrogeno\\_verde\\_-\\_chile.pdf](https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia_nacional_de_hidrogeno_verde_-_chile.pdf), (2020), p13

<sup>69</sup> [https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia\\_nacional\\_de\\_hidrogeno\\_verde\\_-\\_chile.pdf](https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia_nacional_de_hidrogeno_verde_-_chile.pdf), (2020) p17

<sup>70</sup> [https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia\\_nacional\\_de\\_hidrogeno\\_verde\\_-\\_chile.pdf](https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia_nacional_de_hidrogeno_verde_-_chile.pdf), (2020) p18

exportación escalará y se diversificará. Las nuevas aplicaciones incluirán el uso amoniaco verde en el transporte marítimo y los combustibles sintéticos en la aviación.<sup>71</sup>

La Estrategia también prevé un plan de acción enfocado en los siguientes aspectos:

- Fomento al mercado y a la exportación
- Normativa, seguridad y pilotajes
- Desarrollo social y territorial
- Formación de capacidades e innovación

#### **Fomento al mercado y a la exportación:**

- ✓ Construir un Acuerdo Público-Privado para el Hidrógeno en Minería y el Transporte junto a los actores públicos y privados relevantes que deban definir diagnósticos y acciones específicas en estos ámbitos.<sup>72</sup>
- ✓ Promover iniciativas comerciales y de estudio conjuntas con países que se posicionan como importadores de hidrógeno para explorar proyectos de exportación e importación. Intercambiar experiencia y formular iniciativas colaborativas para potenciar el hidrógeno verde en Chile mediante acuerdos bilaterales y multilaterales.<sup>73</sup>
- ✓ Establecer sistemas de certificación internacional de origen y huella de carbono del hidrógeno verde en Chile. Analizar, reservar y entregar en concesión terrenos fiscales de buenas condiciones para el desarrollo de proyectos de hidrógeno verde y derivados.<sup>74</sup>

#### **Normativa, seguridad y pilotajes:**

- ✓ Modificar el Decreto con Fuerza de Ley 1 de 1979 y el Decreto Ley 2.224 para incluir al hidrógeno como energético y así dar potestad reglamentaria al Ministerio de Energía.<sup>75</sup>
- ✓ Difundir sobre el proceso de solicitud de autorización de proyectos especiales de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles, así como sobre los procedimientos y condiciones para realizar pilotajes de diversas aplicaciones.<sup>76</sup>

---

<sup>71</sup> [https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia\\_nacional\\_de\\_hidrogeno\\_verde\\_-\\_chile.pdf](https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia_nacional_de_hidrogeno_verde_-_chile.pdf), (2020) p18

<sup>72</sup> [https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia\\_nacional\\_de\\_hidrogeno\\_verde\\_-\\_chile.pdf](https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia_nacional_de_hidrogeno_verde_-_chile.pdf), (2020) p30

<sup>73</sup> [https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia\\_nacional\\_de\\_hidrogeno\\_verde\\_-\\_chile.pdf](https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia_nacional_de_hidrogeno_verde_-_chile.pdf), (2020) p30

<sup>74</sup> [https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia\\_nacional\\_de\\_hidrogeno\\_verde\\_-\\_chile.pdf](https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia_nacional_de_hidrogeno_verde_-_chile.pdf), (2020) p30

<sup>75</sup> [https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia\\_nacional\\_de\\_hidrogeno\\_verde\\_-\\_chile.pdf](https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia_nacional_de_hidrogeno_verde_-_chile.pdf), (2020) p30

<sup>76</sup> [https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia\\_nacional\\_de\\_hidrogeno\\_verde\\_-\\_chile.pdf](https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia_nacional_de_hidrogeno_verde_-_chile.pdf), (2020) p30

- ✓ Revisar y actualizar la normativa del mercado eléctrico para permitir la participación de las tecnologías del hidrógeno para proveer distintos servicios, incluyendo energía, capacidad y servicios complementarios<sup>77</sup>

#### **Desarrollo social y territorial:**

- ✓ Difundir conocimiento del hidrógeno verde al público general con foco en aspectos ambientales y de seguridad para generar confianza en su producción y uso.<sup>78</sup>
- ✓ Analizar y fomentar las alternativas de reconversión y/o reutilización de infraestructura de centrales termoeléctricas a carbón para la producción y/o utilización de hidrógeno verde. Revisar la normativa de uso de suelos aplicable a los procesos del hidrógeno y sus permisos asociados para identificar y reducir potenciales barreras al desarrollo de esta.<sup>79</sup>
- ✓ Estudiar las necesidades de infraestructura específicas a cada territorio para identificar oportunidades de desarrollo local.<sup>80</sup>

#### **Formación de capacidades e innovación:**

- ✓ Capacitar a diversos grupos de funcionarios públicos como reguladores, evaluadores, fiscalizadores, entre otros, sobre hidrógeno y sus implicancias para sus ámbitos de acción. Elaborar un plan de preparación para equipos de respuesta ante emergencias.<sup>81</sup>
- ✓ Difundir horizontalmente en la industria y academia los avances y lecciones aprendidas en I+D aplicada a nivel nacional a través de programas y consorcios.<sup>82</sup>
- ✓ Identificar y conectar a los actores que desarrollan actividades de investigación y desarrollo para fomentar la innovación en soluciones que aborden desafíos locales prioritarios para el país.<sup>83</sup>

---

<sup>77</sup> [https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia\\_nacional\\_de\\_hidrogeno\\_verde\\_-\\_chile.pdf](https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia_nacional_de_hidrogeno_verde_-_chile.pdf), (2020) p30

<sup>78</sup> [https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia\\_nacional\\_de\\_hidrogeno\\_verde\\_-\\_chile.pdf](https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia_nacional_de_hidrogeno_verde_-_chile.pdf), (2020) p30

<sup>79</sup> [https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia\\_nacional\\_de\\_hidrogeno\\_verde\\_-\\_chile.pdf](https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia_nacional_de_hidrogeno_verde_-_chile.pdf), (2020) p30

<sup>80</sup> [https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia\\_nacional\\_de\\_hidrogeno\\_verde\\_-\\_chile.pdf](https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia_nacional_de_hidrogeno_verde_-_chile.pdf), (2020) p30

<sup>81</sup> [https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia\\_nacional\\_de\\_hidrogeno\\_verde\\_-\\_chile.pdf](https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia_nacional_de_hidrogeno_verde_-_chile.pdf), (2020) p30

<sup>82</sup> [https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia\\_nacional\\_de\\_hidrogeno\\_verde\\_-\\_chile.pdf](https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia_nacional_de_hidrogeno_verde_-_chile.pdf), (2020) p30

<sup>83</sup> [https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia\\_nacional\\_de\\_hidrogeno\\_verde\\_-\\_chile.pdf](https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia_nacional_de_hidrogeno_verde_-_chile.pdf), (2020) p30

## **Conclusión**

La implementación de estrategias bajas en carbono como respuesta a la emergencia climática global y frente a los compromisos adquiridos en el Acuerdo de París, ha traído consigo una creciente demanda de una minería menos invasiva, y con ello se ha posicionado el término de minería verde.

Chile ha tomado acciones y se ha comprometido con la situación climática de manera decidida y como país cuenta con todos los factores a favor para lograr convertirse en un referente a nivel mundial de minería verde y sustentable con la clara meta de alcanzar ser carbono-neutral al 2050.

Es por ello que hoy más que nunca la minería necesita un cambio de paradigmas que desafíe el modelo tradicional con el que ha operado en las últimas décadas y que condicionan la sostenibilidad de la industria más importante de nuestro país.

Bajo este escenario, el sector minero se enfrenta a grandes desafíos, es claro que el país necesita de la minería, pero qué tipo de minería necesita? Una minería sustentable, una minería verde, económicamente viable y virtuosa que impacte en las generaciones futuras, minimizando los efectos ambientales y en armonía con el desarrollo de la actividad minera con el medioambiente.

El hidrógeno verde ha logrado enormes avances en muy poco tiempo y varias mineras ya están desarrollando pilotos para incorporar el combustible alternativo a los camiones de alto tonelaje, por eso es necesario que las compañías mineras y sus proveedores de bienes y servicios apoyen iniciativas de investigación y desarrollo para la sustitución de diésel por energía con menores emisiones para sus equipos, lo que hará más fácil transitar hacia la minería que se necesita, una minería sustentable y sostenible.

El mayor desafío del sector minero es lograr alcanzar una gestión integral, con indicadores productivos y sostenibles que promuevan y se comprometan con la eficiencia en el uso del agua y la energía, la resiliencia frente al cambio climático, minimizando las emisiones y

residuos generados, adoptando energías renovables y tecnologías en sus procesos, de forma comprometida con la biodiversidad y el medio ambiente.

Finalmente podemos decir que el camino hacia la minería verde conlleva grandes esfuerzos y alianzas estratégicas que deben consolidarse, con miras a alcanzar los objetivos plasmados en la Política Nacional Minera 2050 y dar frente a los compromisos adquiridos en el Acuerdo de París, y Chile ha dado pasos para iniciar el recorrido hacia la transformación de la minería y convertirse en el país líder de la economía sustentable dada su enorme riqueza en energías renovables.

## **BIBLIOGRAFIA**

FUNEZ GUERRA, Carlos Y REYES BOZZO, Lorenzo (2019) – H2 – El hidrógeno verde como motor energético.

PEDRALS, Jorge (2021) Sociedad y Complejidad, Una propuesta para la minería en Chile.

FUNDACION ENCUENTRO DEL FUTURO (2022) - Chile, Líder Mundial en Minería Verde.

MINISTERIO DE RELACIONES EXTERIORES (2017) Decreto 30 - Acuerdo de París.

MINISTERIO DE ENERGIA, GOBIERNO DE CHILE (2022) Política Nacional Minera.

MINISTERIO DE ENERGIA, GOBIERNO DE CHILE (2020) Estrategia Nacional de Hidrogeno Verde.

MINISTERIO DE ENERGIA, GOBIERNO DE CHILE (2020) Hidrógeno verde un proyecto país.