

¿Superará Chile el Desafío Agua – Energía para una Minería Sostenible?

SONAMI
SOC. NACIONAL DE MINERÍA

**Centro de Estudios Mineros SONAMI -
CEMS**



La propiedad intelectual de este documento corresponde a la Sociedad Nacional de Minería F.G.(SONAMI). Cualquier forma de explotación de esta obra, en especial su uso, reproducción, distribución, comunicación pública o transformación, solo puede ser realizada con la autorización de su titular, salvo las excepciones previstas por la ley. La Sociedad Nacional de Minería F.G. se reserva el ejercicio de las acciones legales correspondientes para el caso de incumplimiento de la Ley N° 17.336 de Propiedad Intelectual.

En la actualidad, el uso eficiente de los recursos naturales y la reducción del impacto ambiental son aspectos cruciales para la industria minera a nivel global. El manejo sostenible del agua y la energía, dos recursos fundamentales en las operaciones mineras, se ha vuelto cada vez más relevante debido a la creciente escasez hídrica, la necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y la transición hacia una economía más sostenible. Ante este escenario, surge la interrogante de cómo la industria minera en Chile se ha estado preparando para estos desafíos.

En primer lugar, la escasez hídrica se ha convertido en una de las principales preocupaciones para el sector minero, debido a lo crítico que es este recurso para sus operaciones. En el contexto de la megasequía experimentada en Chile hace ya 14 años (MOP, 2023), el agua ha adquirido una sensibilidad notable en términos ambientales, sociales y de gobernanza (ESG, por sus siglas en inglés). A raíz de ello, las empresas mineras han estado bajo presión para mejorar su gestión hídrica, especialmente porque muchas de las operaciones mineras se ubican en áreas gravemente afectadas por la escasez de agua.

Por otro lado, la urgente necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en el país, ha llevado a un mayor énfasis en la disminución de la huella de carbono¹ tanto dentro como fuera del sector minero. La suscripción de Chile al Acuerdo de París² (Ministerio de Relaciones Exteriores, 2017) ha sido un impulsor significativo de esta tendencia, promoviendo el uso de fuentes de energía renovables como la solar y eólica dentro del sector minero, así como mejoras en la eficiencia energética a lo largo de todos los procesos que realiza.

No es de extrañar que, dada la importancia crítica de los recursos hídricos y energéticos, estos sean elementos centrales de la Política Nacional Minera 2050 (PNM2050), promulgada en 2022 por el Ministerio de Minería (Ministerio de Minería, 2022). Esta política establece metas ambiciosas, como reducir el porcentaje de agua continental utilizada en la industria minera, no superando el 10% de las aguas totales para 2025 y el 5% para 2040. También considera el alcanzar una reducción del 50% en las emisiones de CO₂ equivalente de las operaciones de gran minería para 2030 y lograr la neutralidad de carbono para 2040, entre otras importantes metas relacionadas con agua y energía. Ante este escenario, las compañías mineras han realizado notables esfuerzos en lo que respecta a huella hídrica y de carbono, buscando soluciones que se alineen con los objetivos a nivel nacional en estas áreas.

¹Entendiendo por esta como el conjunto de emisiones de gases de efecto invernadero producidas, directa o indirectamente, por personas, organizaciones, productos, eventos o regiones geográficas, en términos de CO₂ equivalentes (Ministerio del Medio Ambiente, 2024).

² Cuyo objetivo es limitar el calentamiento mundial a muy por debajo de 2, preferiblemente a 1,5 grados centígrados, en comparación con los niveles preindustriales.

La huella hídrica³ ha sido una preocupación central. Reconociendo que la recuperación y la eficiencia en el uso del agua son prioritarias para mejorarla, la industria minera ha logrado alcanzar casi un 64% de uso de agua recuperada en sus mismas operaciones (SONAMI, 2021). Sin embargo, a pesar de estos avances, las empresas mineras en Chile también han tenido que recurrir a fuentes de agua no convencionales para satisfacer todas sus necesidades hídricas.

Esto se debe a la escasa disponibilidad de fuentes continentales de agua, la reducción en las leyes minerales y el cambio en la matriz productiva en la minería del cobre, donde los sulfuros han adquirido predominancia sobre los óxidos. Para hacer frente a esta situación, las mineras han adoptado la desalinización como la solución principal. Cerca del 80% de la capacidad de desalinización instalada en Chile se destina al uso minero, con una capacidad de más de 6500 litros por segundo. Se espera que esta cifra se duplique en un futuro cercano (ACADES, 2023; Vicuña, y otros, 2022).

En cuanto a la reducción de huella de carbono, la industria minera ha sido una fuerza impulsora en la adopción de energías renovables en la matriz energética chilena. Ello, incluso antes de la promulgación de la Ley Marco de Cambio Climático, que establece la carbono neutralidad a más tardar para el año 2050 (Ministerio del Medio Ambiente, 2022). Ya sea mediante el autoconsumo o la compra de energía a terceros, las empresas mineras han priorizado el uso de fuentes renovables de energía para reducir sus emisiones de GEI.

Esto es relevante considerando que los principales compradores de minerales han ratificado el Acuerdo de París. Como consecuencia, están obligados a reducir sus emisiones de alcance 3⁴, las cuales se originan de fuentes indirectamente relacionadas con las actividades de una organización, como su cadena de suministro, el uso de productos y otras actividades indirectas. En respuesta, estas empresas buscarán proveedores con bajas emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), lo que ofrece un incentivo adicional para que las empresas mineras reduzcan su huella de carbono.

En esta misma línea, la minería ha buscado descarbonizar sus procesos mediante la conversión de camiones de extracción (CAEX) que funcionan con diésel, ya sea electrificándolos o convirtiéndolos a hidrógeno verde (H2V). Específicamente, el diésel representa el 91,6% de las emisiones directas de la minería del cobre en Chile (COCHILCO, 2023), por lo que lograr su reemplazo por alternativas bajas en huella de carbono tendría un impacto significativo en el logro de las metas establecidas en la PNM2050.

³ Entendida como el volumen de agua fresca apropiada o no devuelta al sistema analizado, tomando en cuenta el agua consumida y contaminada en las diferentes etapas de la cadena de suministros (Hoekstra, Chapagain, Aldaya, & Mekonnen, 2011)

⁴ Entendemos por emisiones de alcance 1 a aquellas directamente producidas por una organización, y por emisiones de alcance 2 a aquellas indirectas que provienen de la generación de electricidad comprada y utilizada por la organización.

Un factor clave para gestionar de manera efectiva los recursos hídricos y energéticos en el contexto minero radica en comprender la estrecha relación entre ambos, donde el uso de uno puede implicar el uso del otro. Por ejemplo, el proceso de desalinización demanda una cantidad significativa de energía, representando casi el 40% del costo operativo del proceso, sin tener en cuenta el transporte (Vicuña, y otros, 2022). Considerando transporte, este costo energético puede incluso duplicarse o triplicarse en casos extremos debido a las elevadas altitudes de las operaciones mineras y a la accidentada geografía chilena, que obliga a llevar agua marina a altitudes superiores a los 3000 metros sobre el nivel del mar. Por lo tanto, la necesidad de agua se traduce directamente en una necesidad de energía.

Similarmente, una minería que apuesta por una alta penetración de H2V inevitablemente requiere el uso de agua en sus operaciones. Se prevé que las plantas electrolizadoras instaladas tengan un tamaño considerable para aprovechar las economías de escala, alcanzando una capacidad total de electrólisis de 25 GW para el año 2030, según lo establecido en la Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde (Ministerio de Energía, 2020). Aquí se aprecia cómo un requerimiento energético conlleva un requerimiento hídrico, gestándose una oportunidad particular en donde una tubería de agua que llega desde la costa lleva no solo agua para los procesos, sino también para generación de combustible.

Se evidencia así **una notable sinergia entre agua y energía**, donde comprender de manera integral el problema es fundamental para abordar los importantes desafíos que enfrenta la industria minera en la consecución de los objetivos de la PNM2050, así como para desarrollar soluciones efectivas y sostenibles que puedan hacer frente a dichos desafíos. Es esencial tener en cuenta que los proyectos de infraestructura asociados con estos recursos, como las plantas de desalinización, generación eléctrica, y electrolizadores, requieren una inversión significativa de capital⁵. Por lo tanto, una planificación co-optimizada podría conducir a ahorros sustanciales y a una gestión más eficiente de los recursos.

Por supuesto, esto conlleva también importantes desafíos por superar. En primer lugar, existen considerables retos operacionales debido a la naturaleza de las energías renovables. Es comprensible que la energía solar no esté disponible durante la noche, y que la energía eólica sea muy variable para ser considerada como una fuente 100% confiable⁶. Por lo tanto, se hace necesario recurrir a otros tipos de sistemas de generación o almacenamiento de energía para operar sin producir emisiones de carbono. Tecnologías como la generación geotérmica, así como el almacenamiento de energía mediante baterías o sales derretidas, se presentan como soluciones a este dilema.

⁵ A modo de referencia, en Chile un proyecto de desalinización puede costar desde MMUSD 100 hasta MMUSD 5.000 para el más grande en carpeta (CRAMSA), mientras que un proyecto de planta fotovoltaica grande puede ir desde MMUSD 100 hasta 500 MMUSD (Oficina de Grandes Proyectos, 2023).

⁶ Por confiable, entendemos como capaz de satisfacer por si misma la demanda base.

Sin embargo, se debe considerar que la implementación de muchas de estas tecnologías involucra costos de capital considerablemente elevados. Por ejemplo, la construcción de la planta de concentración solar y almacenamiento por sales fundidas de 110 MW en Cerro Dominador, la primera de su tipo en Chile, ascendió a más de US\$1.000 millones (ACSP, 2021). Del mismo modo, la planta geotérmica de 48 MW en Cerro Pabellón, también la primera en Chile, tuvo un costo de US\$320 millones (Revista Nueva Minería y Energía, 2022). Asimismo, el sistema de almacenamiento de energía por baterías de 50 MW/250 MWh (5 horas) de Innergex en Diego de Almagro, también pionero en Chile, requirió una inversión de US\$72 millones (La Tercera, 2023). Estos costos podrían representar un obstáculo significativo para la adopción generalizada de estas tecnologías.

Por otra parte, el recurso hídrico es requerido por la minería en todo momento, incluyendo las horas nocturnas. Esto implica que, en el caso de que las plantas desalinizadoras operen durante la noche, si no es mediante generación renovable tendrán que hacerlo utilizando alguna de las tecnologías mencionadas anteriormente. Sin embargo, inevitablemente se agregaría una huella de carbono al recurso hídrico, lo que iría en contra de los intereses del sector minero. Para evitar esto, los proyectos de desalinización suelen contemplar piscinas de almacenamiento junto a las estaciones de bombeo, aunque esto no resuelve el desafío de bombear agua durante las noches utilizando energías renovables. Esta situación ocasiona, inevitablemente, desafíos al operar dichos estanques ante una creciente demanda de agua por parte de la minería.

Como se puede apreciar, conciliar el uso de agua y energía no es un desafío sencillo cuando se requiere que sean sostenibles y estén libres de huella de carbono. Una minería verde supone necesariamente una huella hídrica baja en carbono, lo que a su vez implica una operación minera con energías renovables, las cuales, como se mencionó anteriormente, presentan una serie de retos.

Por ejemplo, se dificulta comprender el problema logístico que trae consigo operar minería con CAEX convertidos a H2V sin entender el nexo entre agua y energía, ya que el uso de los camiones está limitado por la cantidad de H2 disponible. A su vez, ello requiere agua y energía para su obtención, siendo crucial que estas no generen huella de carbono; de lo contrario, el H2V no podría considerarse "verde". Un problema similar surge en el caso de los CAEX electrificados, ya sea mediante baterías o *trolley*, pues su operación sin huella de carbono depende directamente de la fuente de energía con la que sean alimentados.

Para abordar todos estos desafíos, y otros que puedan surgir, es imprescindible contar con un control y monitoreo más exhaustivo del uso de ambos recursos, en todos los procesos y en todo momento. Esto permitiría identificar de manera efectiva las áreas problemáticas y, por ende, los puntos en los que existen oportunidades de mejora en las operaciones mineras. Además, esta información sería invaluable para los responsables de la formulación de políticas públicas, ya que les proporcionaría datos concretos sobre las necesidades y los desafíos específicos de la industria minera en términos de uso de agua y reducción de emisiones de carbono.

En este contexto nace la necesidad de estudiar el uso de agua y energía en la industria minera. En Chile, la industria minera ha realizado esfuerzos significativos para mejorar su gestión hídrica y reducir sus emisiones de carbono. Sin embargo, existe una necesidad de comprender más a fondo las prácticas y estrategias empleadas por los diversos actores mineros.

En particular, la mayor parte de los datos disponibles sobre el uso de recursos hídricos y energéticos se enfocan en la minería del cobre, dejando un vacío en el conocimiento respecto a otros tipos de extracciones, como la de minerales críticos, incluyendo el litio. Esto cobra relevancia debido al objetivo establecido en la PNM2050, que apunta a alcanzar una producción anual de 380 kilotoneladas de carbonato de litio para el año 2030. Es crucial comprender el uso del agua en estas actividades, considerando que la sostenibilidad es uno de los pilares fundamentales de la PNM2050.

Además, uno de los objetivos clave de la PNM2050 es duplicar la producción de la pequeña y mediana minería. Para alcanzar esta meta de manera sostenible, se necesita una gestión cuidadosa de los recursos hídricos y energéticos. Este reto se complejiza por la necesidad de contar con datos actualizados y precisos, ya que la información adecuada es fundamental para desarrollar estrategias efectivas de gestión. Todo esto ocurre en un contexto marcado por el cambio climático y las crecientes presiones sociales que demandan un uso responsable de los recursos naturales.

En resumen, el entendimiento de la relación que hay entre agua y energía en la industria minera de Chile es fundamental para garantizar su sostenibilidad y contribuir a los objetivos de la PNM2050, considerando que hay grandes desafíos financieros y operacionales que deben ser enfrentados. Aunque ha habido avances significativos en materia de gestión de huella hídrica y de carbono, aún resta bastante por comprender, especialmente en lo referido a las actividades mineras más allá del cobre. Para sortear este reto, es muy relevante seguir investigando y colaborando en la búsqueda de soluciones que promuevan un uso de recursos críticos para la minería, como lo son el agua y la energía, de forma responsable con el entorno.

SOC. NACIONAL DE MINERÍA

Referencias

- ACADES. (2023). *Primer catastro nacional de plantas y proyectos de desalinización en Chile*. Obtenido de <https://www.acades.cl/consejo-minero-acades-y-c4-presentan-el-primer-catastro-nacional-de-plantas-y-proyectos-de-desalinizacion-en-chile/#:~:text=La%20desalinizaci%C3%B3n%20provee%20hoy%20en,los%20proyectos%20actualmente%20en%20construcci%C3%B3n>.
- ACSP. (2021). *Cerro Dominador: El Gigante Que Generará 110 Mw Reflejando 10 Mil Veces La Energía Del Sol*.
- COCHILCO. (2023). *Emisiones GEI en la minería del cobre al 2022 y análisis del contexto actual*. Ministerio de Minería.
- Hoekstra, A., Chapagain, A., Aldaya, M., & Mekonnen, M. (2011). *The Water Footprint Assessment Manual: Setting the Global Standard*.
- La Tercera. (17 de Oct de 2023). Innergex inaugura la primera planta de almacenamiento de energía renovable en Chile. *LT Pulso*.
- Ministerio de Energía. (2020). *Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde*.
- Ministerio de Minería. (2022). *Política Nacional Minera 2050*. Biblioteca Nacional del Congreso.
- Ministerio de Relaciones Exteriores. (2017). *Promulga el 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*. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.
- Ministerio del Medio Ambiente. (2022). *Ley Marco de Cambio Climático*.
- Ministerio del Medio Ambiente. (2024). Recuperado el 2024, de <https://mma.gob.cl/cambio-climatico/cc-02-7-huella-de-carbono/>
- MOP. (2023). *Balance hídrico: MOP informa que está asegurada agua para consumo humano en regiones de Coquimbo, Valparaíso y Metropolitana*. Ministerio de Obras Públicas.
- Oficina de Grandes Proyectos. (2023). *Reporte mensual de Inversión - Marzo*. Ministerio de Economía, Fomento y Turismo.
- Revista Nueva Minería y Energía. (2022). *Unidad 3 Cerro Pabellón: ¿Lista? ¡en marcha!*
- SONAMI. (2021). *Informe Consumo de Agua en Minería 2019 - 2020*.
- SONAMI. (2023). Actualmente, el 85% de la capacidad instalada de la desalación que tenemos en Chile proviene de la industria minera. *Boletín Mineri N° 1.374*.
- Vicuña, S., Daniele, L., Farías, L., González, H., Marquet, P. A., Palma-Behnke, R., . . . Melo, O. (2022). *Desalinización: Oportunidades y desafíos para abordar la inseguridad hídrica en Chile*. Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación.



Trabajo elaborado por el Centro de Estudios y Documentación Mineros SONAMI (CEMS)

Sebastián Andrade
Analista Industrial

Reinaldo Salazar
Subgerente de Estudios