

Informes Temáticos de Minería:

Minería Verde

ELABORADO POR EL DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS DE LA



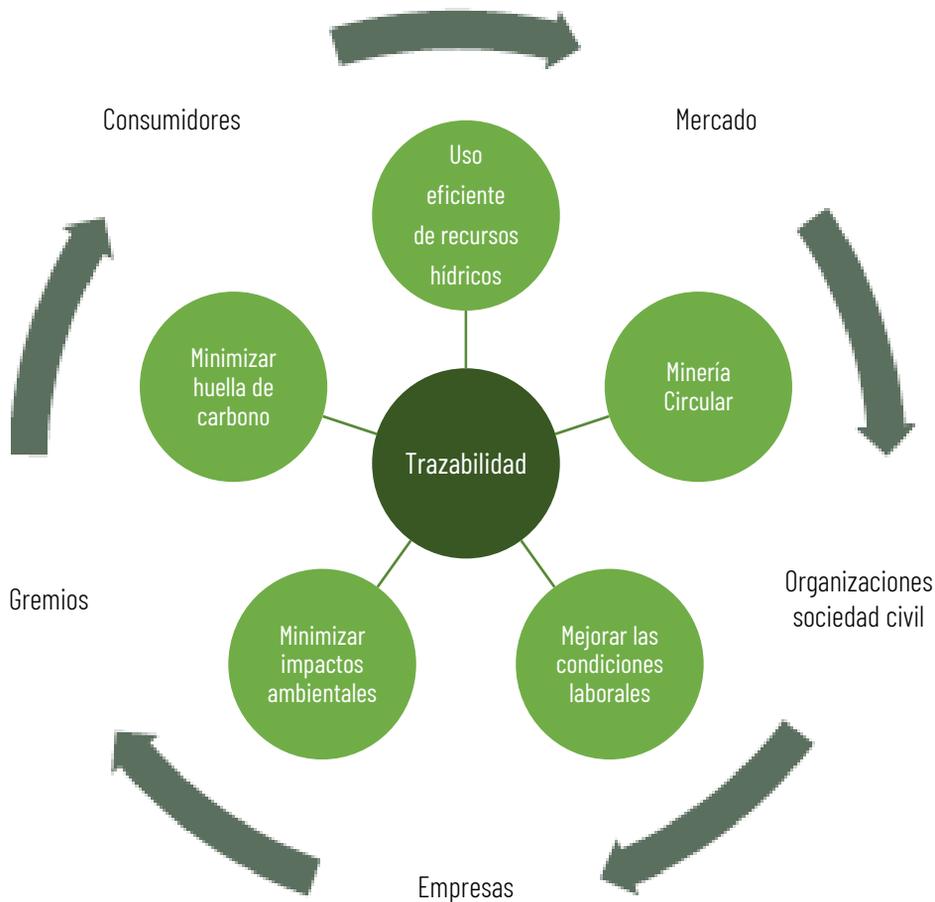
CORPORACIÓN PARA EL DESARROLLO
DE LA REGIÓN DE ATACAMA

Agosto 2020

Minería Verde

- “En materia de sostenibilidad ambiental las actividades de la minería suelen tener consecuencias para la tierra, el agua, el clima, la flora y la fauna, así como para quienes dependen de estos recursos”.
- Esto señala el informe “Hoja de Ruta 2.0 de la Minería chilena” elaborado por la Corporación Alta Ley, que también recalca la tendencia global de los mercados de los metales hacia el establecimiento de cadenas de valor que proporcionen evidencia de que los minerales que entreguen las compañías mineras al mercado se hayan producido en zonas geográficas libres de conflicto, utilizando las mejores prácticas y estándares asociados a la responsabilidad empresarial.
- La publicación de la Corporación Alta Ley menciona el conceso existente respecto a que la minería debe avanzar hacia una “minería verde” que implica operaciones mineras con eficiencia energética e hídrica, reducción de la huella ambiental y minimización de impactos sociales, y que al mismo tiempo transforme sus operaciones a través de la automatización de procesos, mejoras en las condiciones laborales, garantías de seguridad de los trabajadores y la práctica cultural de la economía circular.
- La hoja de ruta de la Corporación Alta Ley establece cinco conceptos relevantes, desafíos actuales y de mediano plazo de la minería chilena, y estándares metodológicos para el seguimiento, monitoreo y cumplimiento de planes a través de la trazabilidad de los procesos y actividades mineras.

Diagrama del concepto de Minería Verde



Fuente: Corporación Alta Ley - Hoja de Ruta 2.0 de la Minería chilena.

- En la elaboración de la Hoja de Ruta de la Minería, Alta Ley convocó a grupos de expertos que definieron cuatro desafíos para la "minería verde", estos son:
 - Sustentabilidad energética, hídrica y huella de carbono: en cuanto a materia energética se prevé que en los próximos 10 años aumentará el consumo de agua desalada y de mar y la demanda energética aumenten desde el 50% del consumo energético que representan hoy a un 70%; a esto se añade la tasa media anual de crecimiento de uso de combustibles de un 6,2% en el período de 18 años, porcentaje mayor al del aumento en la 'tasa de crecimiento de la producción de cobre fino en el mismo período de 1,3% anual.

Es por esto que el mayor aporte y oportunidad de innovación se encuentra en fomentar fuentes de suministro sustentables, la implementación de energías renovables en los procesos productivos y hacer un uso óptimo de esta energía para minimizar sus impactos.

- Trazabilidad e indicadores de sustentabilidad: “La trazabilidad tiene por objetivo rastrear las actividades, los responsables de realizarlas, los equipos empleados, las materias primas (insumos), las emisiones, residuos y la información generada o empleada, a través de todos los procesos de la elaboración de un producto o la prestación de un servicio, para poder fortalecer la recolección de datos de las operaciones, compararlas entre sí y además detectar oportunidades de mejora y conocer el impacto de cada proceso en el medio ambiente”.

El principal desafío es que las estrategias de sustentabilidad, así como sus indicadores, se puedan alinear a las prácticas de gestión con las normas ambientales o de seguridad existentes, tales como la ISO 14001 o OHSAS 18001 para desarrollar así una lista de pasos de gestión específicos de la minería del cobre.. La implementación de esquemas trazables de sostenibilidad se aborda en un 53% por la minería de gran escala, solo un 16% en minería artesanal y mediana o pequeña y un 31% a todas las escalas.

- Reducción de emisiones gaseosas, líquidas y sólidas: Durante los últimos 15 años, la minería en Chile ha aumentado sus emisiones de GEI a una tasa anual de aproximadamente 5,3%, debido al mayor consumo de electricidad y de combustibles. El proceso que produce mayores emisiones de GEI directos es la extracción y transporte desde la mina rajo, que durante el año 2017 registró 4,6 millones de toneladas de CO₂ equivalente, el 77,6% del total. Es por esto que se requieren medidas que impulsen las energías renovables, la eficiencia energética, el uso de tecnologías de bajas emisiones, la recuperación de éstas, su potencial uso en la generación de energías, así como la implementación de tecnologías bajas en carbono.

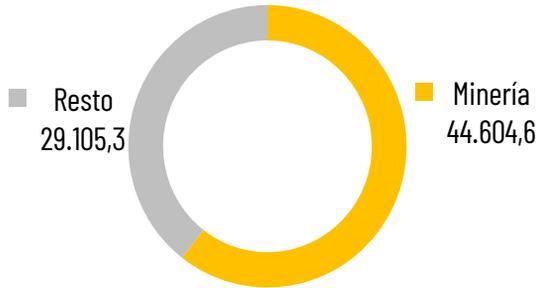
Además, las operaciones mineras generan Residuos Industriales Líquidos (RILES) que son tratados por las mismas compañías y regulados por decretos ley, lo que permite minimizar los efectos e impactos en el medio ambiente. Debido a la escasez de los recursos hídricos, se ha generado una disminución de éstos en las operaciones mediante la recirculación en los procesos, lo que mejora y optimiza el uso del agua.

- Seguridad e higiene ambiental: la minería es una actividad de alto riesgo y pese a presentar una tasa de accidentabilidad baja respecto a las demás actividades económicas, reducir al mínimo la accidentabilidad y fatalidad en el sector, es aún un desafío.

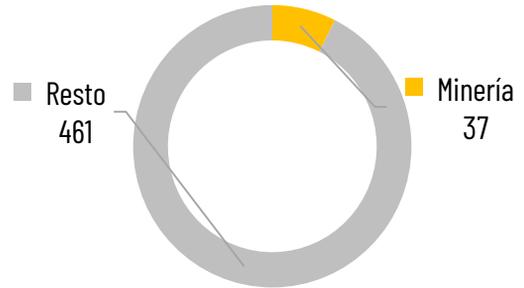
Entre las líneas de I+D+i se mencionan la sofisticación en equipos de protección personal, la optimización de procesos productivos, el desarrollo de implementación de infraestructura y elementos adecuados para el trabajo tanto en oficina como en terreno, entre otros.

- Economía Circular: la minería circular pone foco en la recuperación de elementos de valor y la búsqueda de usos alternativos, para ello se debe avanzar tanto en la conversión y reprocesamiento de los depósitos de relaves, botaderos, escorias, lastres y soluciones de descarte, para obtener beneficios económicos a partir de la recuperación y reciclaje de materiales en la minería, como el reciclaje de neumáticos de camiones mineros.
- Los procesos sancionatorios de la minería evidencian la necesidad de avanzar hacia la "minería verde": de acuerdo a datos obtenidos del Sistema de Información de Fiscalización Ambiental, SNIFA, a agosto de 2020 el monto de las multas ambientales de la minería corresponden al 60,5% del total nacional en tanto que la cantidad de procedimientos asociados a estos montos equivalen al 7,4% del total.

Montos Multas totales (en Unidades Tributarias Anuales, UTA)



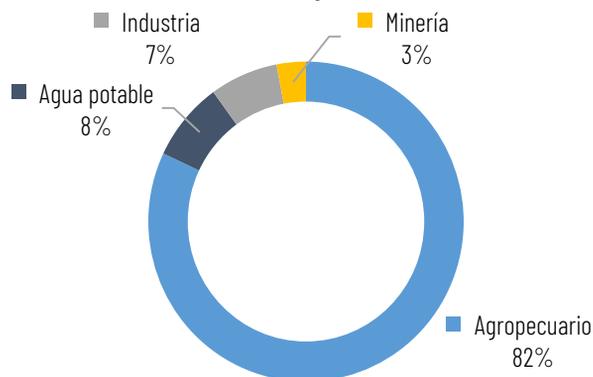
Procedimientos Sancionatorios Finalizados



Fuente: Elaborado en base a datos del Sistema de Información de Fiscalización Ambiental.

- El consumo de agua es un factor clave en la industria minera tanto por su función los distintos procesos productivos, su costo y el impacto ambiental que genera su uso y devolución al medio ambiente.
- El Consejo Minero a través de su informe "Cifras Actualizadas de la Minería" muestra que el consumo de agua de la industria minera consume un 3% del total nacional, siendo el sector agropecuario el que acapara el mayor porcentaje de consumo con un 82%, muy superior al consumo de agua potable que al año 2015 fue de 8%.

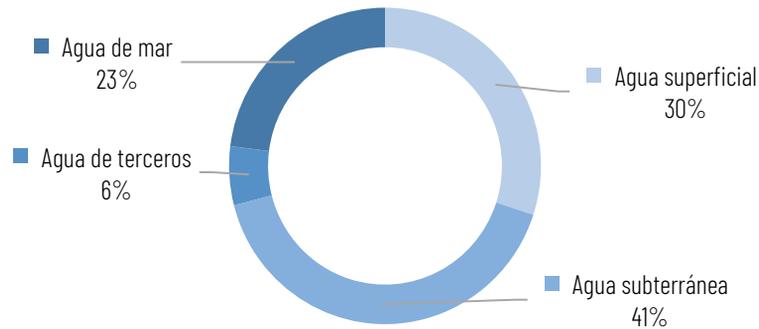
Consumo de agua por sector económico en el país



Fuente: Consejo Minero - Cifras Actualizadas de la Minería julio 2020.

- Las principales fuentes de suministro de agua de la minería corresponde a aguas subterráneas y aguas superficiales con un 41% y 30% de las extracciones del sector respectivamente, en tanto, las extracciones de aguas de mar para uso minero equivalen al 23% del total.

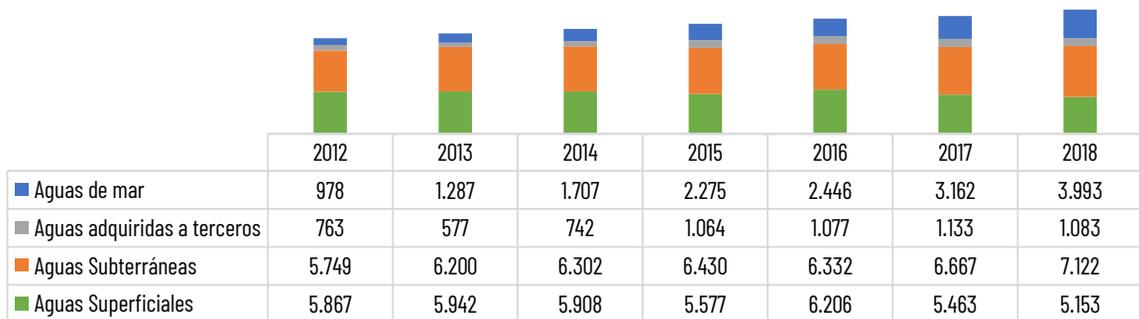
Extracciones de la gran minería por fuente de suministro



Fuente: Consejo Minero – Cifras Actualizadas de la Minería julio 2020.

- Datos de la Comisión Chilena del Cobre, COCHILCO, muestran que si bien el agua de mar para la minería representa la tercera fuente de extracción del sector, la intensidad de su uso ha crecido significativamente: si al año 2012 la extracción de agua de mar era de 978 litros por segundo, al año 2018 la extracción de agua de mar fue de 3.993 litros por segundo, creciendo 408% en seis años.

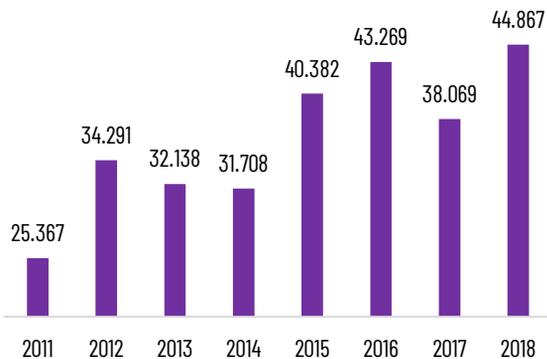
Extracción de agua en la minería del cobre según fuente de extracción 2012 - 2018 (en litros por segundo, lts./seg.)



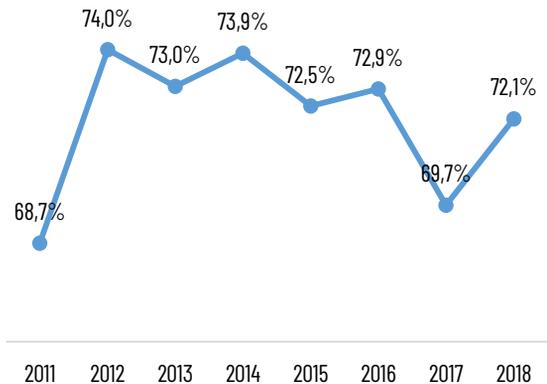
Fuente: Comisión Chilena del Cobre – Anuario 2019.

- Además de las recién nombradas, una fuente de abastecimiento de agua en la minería corresponde al agua reciclada que al año 2018 alcanza los 44.867 litros por segundo con una tasa de recirculación total promedio 72,1%.

Recirculación de agua en la operación completa
(en litros por segundo, lts./seg.)



Tasa de recirculación total promedio
(porcentaje, %)

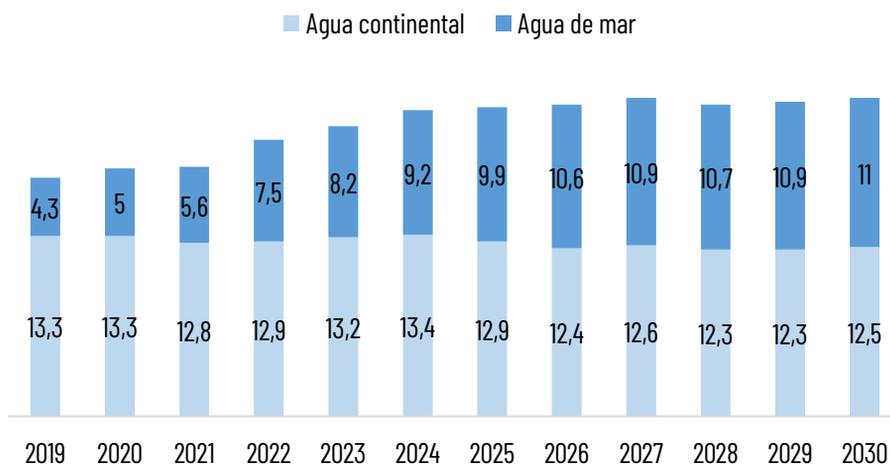


Fuente: Comisión Chilena del Cobre – Anuario 2019.

- El estudio de COCHILCO “Proyección de consumo de agua en la minería del cobre 2019-2030” indica que para el 2030 se espera que el consumo de agua a nivel nacional sea de 23,5 m³/seg, con una tasa de crecimiento promedio anual de 2,7%.
- De manera general, la estimación de consumo de agua de origen continental esperada al 2030 alcanza los 12,5 m³/seg, lo que representa una disminución de un 6% respecto al consumo esperado para el 2019.
- En el caso del agua de mar la situación es diferente al del agua continental, en la medida que el consumo de agua continental mantiene una tasa de crecimiento anual promedio cercana a un -0,6%, el agua de mar observa un crecimiento con una tasa promedio del 9,3% anual, alcanzando los 11,0 m³/seg al 2030.

Proyección de consumo de agua total en la minería del cobre según origen 2019 - 2030

(en metros cubico por segundo, m³/seg)

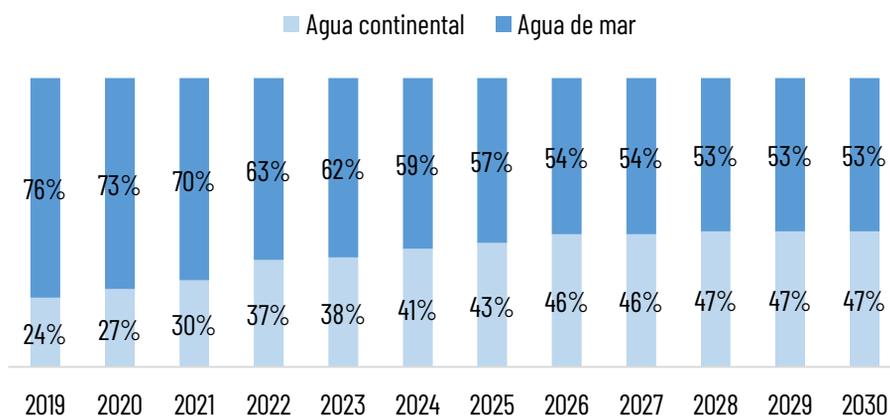


Fuente: Comisión Chilena del Cobre - Anuario 2019.

- Al 2030 se espera que el consumo de agua de mar en la minería represente el 47% del agua requerida por el sector en el país, esto implica un crecimiento del consumo del agua de mar de 156% en la próxima década.

Distribución porcentual del consumo de agua en la minería del cobre según origen 2019 - 2030

(en porcentaje, %)



Fuente: Comisión Chilena del Cobre - Anuario 2019.

- Ante mayores proyecciones respecto al uso de agua de mar se debe considerar que, como se detallan en el estudio “Productividad en la Gran Minería del Cobre” de la Comisión Nacional de Productividad, existen importantes costos de inversión y operación en habilitar el uso de agua de mar.
- Dado que los yacimientos mineros se ubican en alturas superiores a los 2.000 metros, y a distancias de hasta 400 kilómetros desde la costa, las tuberías (inversión de capital inicial), y la energía requerida para bombear (costos operacionales) imponen un costo importante, muy superior en Chile respecto de inversiones similares en otros países mineros. Esto abre espacio para el aprovechamiento de economías de escala entre empresas mineras de faenas cercanas para la construcción de desalinizadoras, generación eléctrica y tuberías.
- Otro impacto de la actividad minera tiene relación con los relaves, residuos que se obtienen luego del proceso de concentración del mineral sulfurado y que han sido foco de preocupación producto de sus grandes volúmenes e inestabilidad física y química. El estudio “Mejores prácticas de gobernanza en materia de relaves” del año 2019 de COCHILCO describe la dificultad en el manejo de relaves y analiza las prácticas de Gobernanza internacional en la materia.
- La investigación de COCHILCO concluye, entre otros puntos, que en las normativas se puede apreciar que Chile presenta un sistema regulatorio robusto para los depósitos de relaves pero existen materias que no son consideradas relacionadas a la remediación y rehabilitación de los sitios, y a la periodicidad del monitoreo y fiscalización.
- COCHILCO presenta recomendaciones en relación a las mejores prácticas sustentables aplicadas en la industria minera a nivel internacional, que adecuadas a las realidad nacional pueden apoyar la gestión de relaves:
 - Implementar una normativa que establezca el rango de tolerancia para la calidad de los suelos, en cuanto a concentración de sustancias tóxicas o potencialmente dañinas para el ser humano y el medio ambiente. De esta forma, los tres aspectos de la estabilidad química quedarán regulados (aire, agua y suelo).

- Aumentar, para cada entidad responsable, la periodicidad de monitoreo y fiscalización en todas las etapas del ciclo de vida de un depósito. Iniciativas como el Programa Tranque pueden apoyar esta labor.
- Incorporar figuras externas tal como el Ingeniero de Registro, la Junta de Revisión Técnica Independiente y el Inspector de Seguridad, con miras a generar equipos multidisciplinarios, con responsabilidades asignadas durante todo el ciclo de vida, y que apoyen en la labor de fiscalización.
- Apuntar hacia una normativa orientada a la reparación del sitio del depósito de relaves, manteniendo las exigencias respecto a la estabilidad física y química, haciendo obligatoria la responsabilidad de rehabilitar el lugar.
- Impulsar la creación de incentivos para que las empresas implementen medidas de prevención, compensación, mitigación y reparación, como las que fueron expuestas en este informe. En este sentido, es importante mencionar la reforma realizada por el gobierno de China en el 2016, donde resolvió introducir una política que exime en un 50% los impuestos de las compañías mineras que depositen sus relaves por métodos de minería de relleno.
- Regular en materia de pasivos ambientales mineros en general, considerando que algunas faenas en el pasado no tuvieron las restricciones que hoy se consideran para los cierres de faena, tanto de relaves abandonados como de otros pasivos, con miras hacia una gestión integral por parte del Estado en conjunto con las empresas mineras, a través de iniciativas de compensación, mitigación y restauración, entre otras herramientas.
- A las dificultades en su manejo, se suma la gran cantidad de relaves existente, un 23% de ellos está en estado de abandono y un 62% inactivos. La Corporación Alta Ley por medio de la publicación "Hoja de Ruta 2.0 de la Minería chilena" elabora un resumen del catastro de relaves en base a datos de SERNAGEOMIN; este catastro, del año 2019, muestra que de los 742 depósitos de relaves ubicados a lo largo del país, 104 están activos, 463 no activos, 173 abandonados y 2 en construcción.

Estado de los depósitos de relaves en Chile según región

Región	Abandonado	Activo	En construcción	Inactivo	Total
Tarapacá	6	1	-	-	7
Antofagasta	16	13	-	22	51
Atacama	23	30	2	106	161
Coquimbo	106	32	-	247	385
Metropolitana	6	6	-	14	26
Valparaíso	11	14	-	53	78
O'Higgins	1	3	-	15	19
Maule	-	4	-	2	6
Araucanía	4	1	-	4	9
Total	173	104	2	463	742

Fuente: Corporación Alta Ley - Hoja de Ruta 2.0 de la Minería chilena.

- En la elaboración de la Ruta 2.0 de la minería, la Corporación Alta Ley, mediante talleres técnicos de expertos, definió cuatro desafíos respecto a los relaves mineros:
 - Enfrentar la creciente escasez de agua y superficie: los conflictos que genera la escasez del recurso hídrico y de superficie, hacen necesario el desarrollo de nuevos métodos y tecnologías que, en un futuro, permitan a la industria minera reducir drásticamente la superficie de suelo usado por los depósitos de relaves o idealmente prescindir de los depósitos y la generación de relaves.
 - Asegurar la estabilidad química y física de los depósitos de relaves: Las infiltraciones y su impacto en el medioambiente y las personas, representan un desafío permanente para la operación de los depósitos y la sustentabilidad futura del negocio minero.

En este sentido, se vuelve imprescindible desarrollar y perfeccionar tecnologías que permitan inertizar los relaves antes de que sean depositados, caracterizar los sitios de depósito y sellarlos para impedir el contacto con aguas subterráneas. Complementariamente, se requiere reforzar la legislación existente para que futuros depósitos sean diseñados y operados bajo el concepto de “cero descarga efectiva”, tanto durante la operación como en el abandono.

- Promover la conversión desde un pasivo a un activo: se entiende como Pasivo Ambiental (PAM) a “aquellas faenas mineras, abandonadas o paralizadas, incluyendo sus residuos, que constituyen un riesgo significativo para la vida o salud de las personas o para el medio ambiente”, definición que abarca a los depósitos abandonados o paralizados.

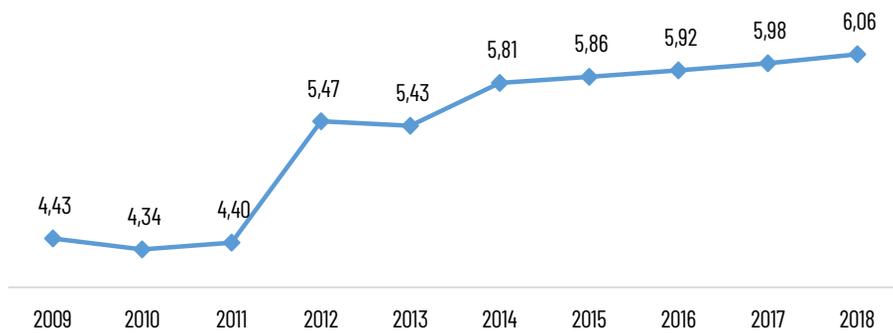
La conversión de los depósitos de relaves en activos busca utilizar el relave o parte de éste como una fuente de valor y además se requiere buscar usos alternativos que involucren una proporción importante del relave y no solo aquellos elementos como el cobre, oro, molibdeno, hierro u otros que podrían encontrarse presentes y ser sujetos a un reproceso.

- Propiciar la inclusión y aceptación comunitaria: una importante proporción de los depósitos de relaves actualmente en funcionamiento, presenta conflictos con las comunidades aledañas, lo que se traducen en reclamos a la autoridad y acciones legales interpuestas por la población.

Se requiere que las comunidades puedan contar con información clara y entendible y complementariamente se debe propiciar la generación de espacios de participación para involucrar a las comunidades y comunicar de manera efectiva los avances en el manejo y tratamiento de relaves.

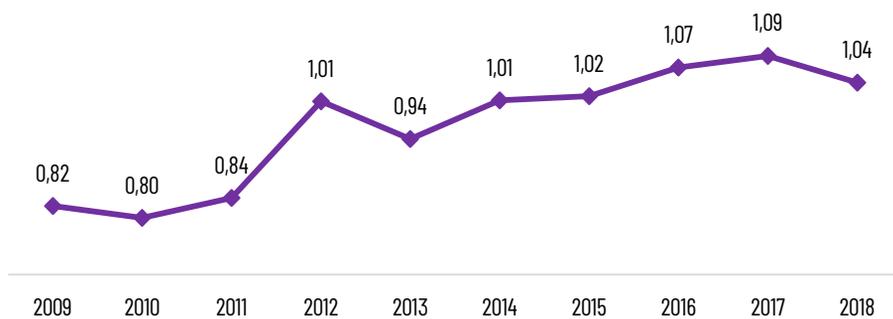
- Las emisiones de Gases de Efecto Invernadero también constituyen un desafío para el sector minero las cuales han mantenido una tendencia al alza en la última década.
- De acuerdo a datos de COCHILCO, en el año 2018 la minería produjo 6,06 millones de toneladas métricas de CO₂ equivalente, 40% más que en el año 2010. Al mismo tiempo, la toneladas métricas de CO₂ equivalente generadas por cada tonelada métrica de cobre fino producido, ha aumentado en 30% entre 2010 y 2018.

Emisiones directas totales de Gases de Efecto Invernadero de la minería del cobre en Chile (Miles de Millones de TM de CO₂ equivalente)



Fuente: Comisión Chilena del Cobre – Anuario 2019.

Emisiones directas totales de Gases de Efecto Invernadero por TM de Cobre Fino de la minería del cobre en Chile (Miles de Millones de TM de CO₂ equivalente por TM de Cobre Fino)



Fuente: Comisión Chilena del Cobre – Anuario 2019.

- Junto con el esfuerzo de las empresas mineras y la participación de las comunidades, es indispensable una robusta institucionalidad ambiental. “Chile ha implementado una estrategia de desarrollo en torno a sus ventajas comparativas en materias primas, lo que ha ido develando diversas carencias tanto en capacidad institucional, normativa legal, resolución de conflictos con la sociedad civil y compensaciones, profundizándose la judicialización de los conflictos socioambientales” señala el estudio “Gobernanza e institucionalidad ambiental en Chile: Cómo inciden en el crecimiento económico” de la Corporación de Estudios para Latinoamérica, Cieplan.
- Esta investigación describe el modelo de gestión ambiental chileno y explica las reglamentaciones que son consideradas más relevantes, desde un punto de vista práctico, al desarrollar cualquier actividad o proyecto con consecuencias ambientales en Chile.
- Existen tres organismos gubernamentales relacionados con la aplicación de regulaciones ambientales en Chile:
 - El Ministerio de Medio Ambiente, a cargo del diseño y la aplicación de políticas, planes y programas ambientales, y la protección de la biodiversidad y los recursos renovables.
 - El Servicio de Evaluación Ambiental (SEA), cuya función principal es administrar el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.
 - La Superintendencia del Medio Ambiente (SMA), corresponde a un servicio público descentralizado que ejecuta, organiza y coordina el seguimiento y la supervisión de las resoluciones de certificación ambiental, los planes de prevención y descontaminación, la calidad ambiental y las normas de emisiones, planes de manejo y otros instrumentos ambientales establecidos por la ley.
 - Además, existen Tribunales Ambientales cuya función principal es resolver controversias ambientales, como demandas judiciales que buscan la reparación del daño ambiental, reclamos contra decisiones de la SMA y reclamos contra resoluciones de certificación ambiental, entre otros.

- Además la publicación de Ciplan propone el ordenamiento territorial para anticiparse y disminuir los conflictos socioambientales. Mayor acceso a la información y el empoderamiento de las comunidades han cambiado el paradigma donde tradicionalmente las únicas opiniones válidas escuchadas para la política pública eran la de especialistas y profesionales del área, siendo clave contar con algún mecanismo de política pública que logre sortear los conflictos socioambientales, en muchas ocasiones generados por falta de legitimidad social de los proyectos de inversión, lo cual ha generado incertezas jurídicas.
- De acuerdo a esta Corporación, la falta de lineamientos para el ordenamiento territorial dificulta de manera importante la proyección futura de centros urbanos, así como la conservación del patrimonio natural y el cuidado de nuestra biodiversidad; dentro del modelo de gestión ambiental el desafío de la interacción económica, social y ambiental recae principalmente en el sistema de evaluación de impacto ambiental, el cual posee recursos sumamente limitados.
- Un encuadre institucional de territorio guiado por una gran cantidad de normativas y multiplicidad de organismos, conlleva grandes dificultades para articular un ordenamiento territorial coherente y armónico. Con un cerca de un 20% del territorio regulado, de acuerdo a estimaciones de Cieplan, la falta de certezas es la gran causas de conflictos ambientales.
- Con lo anteriormente descrito, el ordenamiento territorial se encuadra dentro de la minería verde a través de principios de minimización de impactos sociales, y esto se suman otros desafíos de la minería en Chile. En el estudio "Caracterización de Proveedores de la Minería chilena" elaborado por Fundación Chile se describen una serie de desafíos para el sector entre los que justamente se encuentra la minería verde, no obstante, como se aprecia en la siguiente tabla, existen una serie de metas para la minería que se complementan y aportan al desarrollo de este tipo de minería:

Desafíos de la Minería en Chile

Exploración	Desarrollo de tecnologías que mejoren la caracterización geológica de los yacimientos, mejorando el manejo y transferencia de la información.
Minería Rajo	Incremento en la eficiencia en las operaciones unitarias, en particular con el manejo de grandes volúmenes de material en largas distancias; también la integración y caracterización de las operaciones mina-planta, entre otras.
Minería Subterránea	Mejora en la eficiencia de las operaciones unitarias, e integración y caracterización de las operaciones mina-planta, se agrega el desarrollo de una minería profunda a gran escala, nuevos métodos de extracción minera y detección de anomalías geológicas.
Minería Inteligente	Adopción de tecnologías inteligentes que permitirán a la minería mejorar la planificación de actividades y ejecución de éstas, mitigando las posibles fuentes de incertidumbre a través de los ajustes dinámicos de las variables más significativas.
Eficiencia Energética	Incorporación de fuentes de energías renovables no convencionales y tecnologías que reduzcan el actual consumo energético.
Disminución Consumo de Agua	Mejorar su gestión y reducir su consumo son desafíos incuestionables para asegurar la sustentabilidad del negocio minero.
Gestión de Comunidades	Se busca generar una minería sostenible, que incorpore la dimensión social en su cadena de valor, propiciando la inclusión y aceptación de parte de los grupos de interés.
Impacto Ambiental	Vincula transversalmente a varios procesos mineros, en que la actividad minera deja rastros e impactos que demoran décadas en desaparecer del medio ambiente,
Relaves	Mejora de las condiciones de depósito, minimizando el impacto ambiental de las infiltraciones y asegurando la estabilidad de los Depósitos, sumado a la conversión de un pasivo a un activo.
Seguridad Laboral	El activo más importante para la minería son sus trabajadores, en consecuencia, se debe lograr minimizar la exposición al riesgo e impactar en la disminución de las tasas de mortalidad y accidentabilidad.
Nuevos Usos del Cobre	El uso que se le da al cobre depende de sus propiedades físicas, químicas y mecánicas, las cuales permiten desarrollar una serie de aplicaciones, siendo este un desafío para incrementar el valor agregado que se le da al metal.
Minería Verde	Se vincula a mejorar el ciclo de vida y reducir la huella de carbono de la minería. Se enfoca en reducir y eliminar las emisiones gaseosas, líquidas y sólidas que genera la minería, contribuyendo a disminuir significativamente el impacto de la actividad.

Fuente: Fundación Chile - Caracterización de Proveedores de la Minería chilena.