



Reportaje

Reportaje central

Minería a cielo abierto:

Base de nuestro crecimiento productivo

Nuevas prácticas y tecnologías están permitiendo a la industria atender las complejidades que conlleva operar este tipo de yacimientos.

Reportaje central

Reportaje



Foto: Geolitear Minería Lomos Bajos.

Este tipo de operación posibilita el manejo de grandes volúmenes de mineral.

La minería a cielo abierto, también conocida como de superficie, representa parte relevante de la matriz productiva nacional. Matías Marañón, analista de Plusmining, destaca que la minería a cielo abierto “es el método de extracción más utilizado tanto en Chile como a nivel mundial, representando aproximadamente el 70% de las operaciones activas. En el caso del cobre, este tipo de minería es responsable del 85% de la producción nacional y del 75% de la producción global. De cara al futuro, nueve de cada diez proyectos mineros contemplan la extracción mediante minería a cielo abierto, consolidándola como la técnica predominante en la industria”. Ante este escenario, la interrogante clave es cómo la minería a cielo abierto se adaptará a la creciente necesidad de equilibrar la mayor demanda de minerales críticos con los criterios de sostenibilidad.

En este contexto, Marañón considera que los principales retos que enfrenta esta actividad pueden agruparse en cuatro grandes áreas:

1. Alteración del ecosistema
2. Generación de residuos y gestión de pasivos ambientales
3. Consumo de combustibles y emisiones de Gases de Efecto Invernadero
4. Consumo de agua

En conclusión, “la minería a cielo abierto en Chile enfrenta desafíos ambientales y operacionales que requieren avanzar hacia un modelo más sostenible, priorizando una mejor

gestión de residuos, la reducción del consumo de energía y agua, y la implementación de prácticas de restauración ambiental para mitigar su impacto a largo plazo. No obstante, la industria minera en Chile ya ha comenzado a adoptar innovaciones orientadas a enfrentar estos desafíos y avanzar hacia una minería más sustentable.”, menciona Marañón.

Retos

En los últimos años, la minería ha transformado sus procesos, incorporando nuevas tecnologías con el fin de avanzar hacia una industria más eficiente y responsable en el uso de recursos.

Para Reinaldo Salazar, gerente de Estudios de Sonami, uno de los principales desafíos es la reducción de emisión de Gases de Efecto Invernadero proveniente del consumo de combustibles fósiles. “Los camiones CAEX -que transportan el mineral recuperado- utilizan diésel para recorrer grandes distancias, debido a la profundidad que han alcanzado los yacimientos, incrementando su consumo energético. Ante este escenario, hoy las empresas están desarrollando iniciativas para transformar el acarreo de mineral en faenas, como, por ejemplo, el uso de trolleys, que podrían disminuir en un 30% las emisiones de gases actuales”, explica.

El profesional minero expone que otro desafío relevante es la disminución de la ley del mineral, por el envejecimiento de los yacimientos: “Esto obliga

a extraer y procesar mayores volúmenes de material para mantener los niveles de producción, lo que incrementa los costos operativos, el consumo energético y la generación de depósitos mineros. En este contexto, la gestión eficiente de relaves se ha convertido en una prioridad, impulsando estrategias como el reprocesamiento de relaves antiguos y el desarrollo de tecnologías para su reutilización en distintos procesos industriales”.

A ello se suma que el factor hídrico sigue siendo determinante, especialmente en el norte de Chile. “Las operaciones a cielo abierto requieren agua para el procesamiento de minerales. Como respuesta, el sector ha intensificado el uso de plantas desalinizadoras, el reciclaje del agua en circuito cerrado y la optimización en el uso del recurso en cada etapa del proceso productivo”, advierte Salazar.

De igual forma, el experto de Sonami resalta que “el cambio climático está afectando la planificación y operación de la minería a cielo abierto. Este es un factor que está siendo considerado por las empresas, ya que hoy los fenómenos naturales están siendo más recurrentes, como, por ejemplo, los aluviones y las precipitaciones extremas. Esto ha impulsado a las compañías a reforzar sus estrategias de resiliencia climática, mejorando la infraestructura de drenaje, diseñando planes de contingencia más robustos y adoptando modelos predictivos basados

Reportaje Central Reportaje

en inteligencia artificial para la gestión de eventos climáticos extremos”.

Avance operacional

Reinaldo Salazar asegura que la minería a cielo abierto “representa una parte significativa de la producción de cobre del país, pues más del 80% proviene de dicho método de explotación. Sin embargo, se ha estado viendo una tendencia de las empresas mineras de extender la vida útil de sus operaciones a minería subterránea, ante una mayor viabilidad técnica y económica”. Resalta que, según el informe de inversiones mineras de Cochilco, para el período 2024-2033 se prevé una cartera de 51 proyectos, con una inversión estimada de US\$83.181 millones. Más de 20 de estos proyectos están enfocados en el desarrollo, expansión o modernización de yacimientos a rajo abierto, destacando iniciativas como Los Bronces Integrado (Anglo American), Extensión Radomiro Tomic (Codelco), y Expansión Collahuasi (Anglo American – Glencore). “La automatización, la digitalización y el uso de inteligencia artificial permitirán optimizar los procesos, aumentar la eficiencia operativa y minimizar el impacto ambiental. Estas innovaciones, junto con inversiones estratégicas y políticas públicas adecuadas, contribuirán a que la minería a cielo abierto en Chile se siga desarrollando de manera más eficiente, sostenible y compe-



Foto: Centiliza Plusmining



Foto: Centiliza Sonami



Foto: Centiliza 1st Quartile Mining



Foto: Centiliza Cochilco

titiva”, recalca el gerente de Estudios de Sonami.

Incremento minero

Profundizando en lo referido a la proyección de producción de cobre fino, según el método de explotación, Sergio Verdugo, analista de Cochilco, explica que ésta experimentará un aumento inicial entre 2024 y 2025, impulsado por proyectos clave como Chuquicamata Subterránea, el Plan de Desarrollo El Teniente (que incluye Andes Norte, Andesita y Diamante) y Los Bronces Integrado. Estas iniciativas llevarán a un incremento en la producción, especialmente en la minería subterránea, que pasará de 0,68 millones de toneladas de cobre fino en 2024 a un máximo de 0,9 millones de toneladas en 2028. Posteriormente, entre 2028 y 2034, la producción subterránea se estabilizará en torno a las 0,85 millones de toneladas anuales. En cuanto a la minería a rajo abierto, ésta alcanzará su punto máximo de producción en 2027, con 5,21 millones de toneladas de cobre fino. A partir de entonces, se observa una ligera tendencia a la baja, llegando a la producción

estimada de 4,72 millones de toneladas de cobre fino en 2034. Esta disminución se debe principalmente a factores como la profundización de los yacimientos, el decaimiento de las leyes de mineral y el aumento de su dureza, que dificultan y encarecen la extracción a rajo abierto. Esta realidad es refrendada en el presente y futuro de Minería Lomas Bayas. Su gerente general, Pablo Carvallo, explica a MINERÍA CHILENA que “la minería a cielo abierto es el corazón de nuestra operación y nuestra estrategia a largo plazo. Para nosotros, este método no es sólo una opción técnica; es la clave para mantenernos competitivos en un mercado

De Izq. a Der.:
Matías Marañón, analista de Plusmining.
Reinaldo Salazar, gerente de Estudios de Sonami.
Claudio Valencia, director ejecutivo y fundador de 1st Quartile Mining,
Sergio Verdugo, analista de la Comisión Chilena del Cobre.

Panorámica de las operaciones de Minería Antucoya.



Foto: Centiliza Anfiblogista Minerales

Reportaje central

Reportaje

donde predominan los grandes jugadores. Dada la baja ley de nuestro depósito, este tipo de explotación nos permite manejar grandes volúmenes de mineral y maximizar su procesamiento”.

“Hoy estamos evaluando nuevas oportunidades para extender nuestros recursos lixiviables, incluyendo óxidos y mixtos sulfurados. Pero también estamos mirando hacia el futuro: exploramos la posibilidad de incorporar gradualmente distintos procesos para lixiviar minerales sulfurados primarios. La flotación también aparece en nuestro horizonte. Esto representa un cambio importante para nosotros, pero creemos firmemente que debemos evolucionar para asegurar nuestra sostenibilidad operativa”, afirma.

En esa línea, el ejecutivo distingue que “nuestra operación no se limita a extraer mineral; tenemos el compromiso de hacerlo bien y con un propósito claro: transformar vidas. La minería a cielo abierto nos da la flexibilidad que necesitamos para seguir avanzando en esta dirección. Además, estamos constantemente invirtiendo en innovación tecnológica y optimización de procesos para ser más eficientes y responsables. Junto con ello, impactar positivamente en las comunidades vecinas de Antofagasta, Baquedano, Sierra Gorda y Calama. Esto es ir más allá del cobre”.

“Lo que buscamos es contribuir al desarrollo sostenible del sector minero chileno y ser un

referente en cómo combinar competitividad con respeto por las personas y el medio ambiente. Esa es nuestra visión y lo que guía cada decisión estratégica que tomamos”, asevera Carvallo.

Estrategia de crecimiento

Otro referente en este modelo de operación en Chile es Antofagasta Minerals.

En el documento entregado a MINERÍA CHILENA, el Grupo Minero expresa que la minería a cielo abierto es clave en su estrategia de crecimiento, ya que además de asegurar el suministro de cobre y otros metales, impulsa la innovación en sostenibilidad y tecnología. En esa línea, detallan los hitos en materia de inversiones y sostenibilidad de sus tres operaciones en territorio nacional.

Minera Centinela: La inversión de US\$4.400 millones en el proyecto Nueva Centinela ampliará la vida útil de la mina por más de 30 años, incre-



Foto: Centinela Minera Lomas Bayas.



Foto: Centinela Plusmining.

mentando la producción y contribuyendo significativamente a la economía regional. Este proyecto incluye una nueva planta concentradora y un avanzado sistema de gestión de relaves, optimizando el uso de recursos y reduciendo el impacto ambiental.

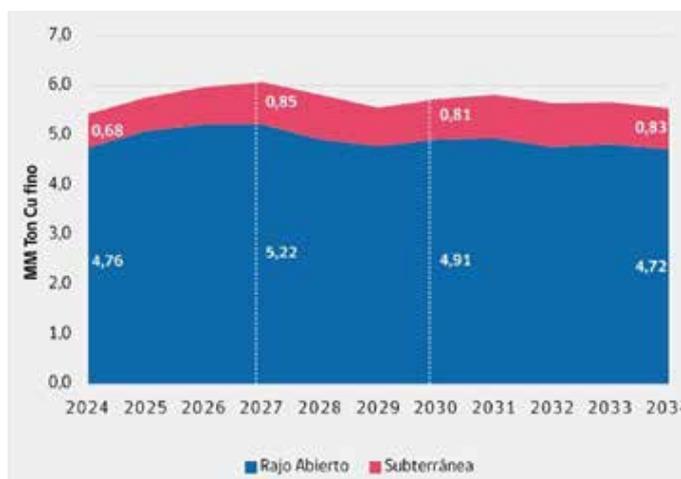
Minera Zaldívar: El proyecto de Extensión de Vida Útil con Transición Hídrica no sólo asegura la operatividad a largo plazo, sino que también es un motor de progreso para la región, impactando directamente a más de 4.000 familias. Este proyecto refuerza el compromiso de la compañía con el uso responsable de los

De Izq. a Der.:
 Pablo Carvallo, gerente general de Minera Lomas Bayas.
 Andrés González, analista de Plusmining.

"La Minería a cielo abierto"

es el corazón de nuestra operación y nuestra estrategia a largo plazo”, Pablo Carvallo

Proyección de Producción de Cobre Fino en Chile, según Método de Explotación



Reportaje

Reportaje central



Foto: Cerfilera Minera Lomas Bayas.

Toma aérea de Minera Lomas Bayas.

“Nuestro análisis nos permite

anticipar una fuerte demanda por servicios de ingeniería y construcción para los próximos años”, Claudio Valencia

recursos hídricos y el bienestar de las comunidades. Además, el proyecto de Lixiviación Clorurada que se está impulsando permitirá procesar minerales de sulfuros mixtos de manera más eficiente.

Minera Antucoya: La compañía sigue apostando por la energía renovable y la economía circular, buscando reducir su huella de carbono y generar un impacto positivo en las comunidades locales.

Minera Los Pelambres: Se encuentran invirtiendo más de 6.000 millones de dólares a través de los tres proyectos que forman parte de la visión de Los Pelambres Futuro. Todas estas iniciativas apuntan fundamentalmente a mejorar la sustentabilidad de la operación, habilitando su transición hídrica y una convivencia más armónica con las comunidades.

Bajo presión

La industria global busca responder a la creciente demanda de minerales que se proyecta para los años venideros.

“En 2024, alrededor de 460 kt de cobre (promedio, a régimen) por año de producción de proyectos fueron aprobados por Directorios de empresas. Lo anterior no es suficiente para cubrir las brechas de capacidad estimadas. Para cubrir la brecha de oferta de mina hacia 2032, se necesita la aprobación de cerca de 800 kt de cobre por año en proyectos, constantemente. En los últimos 2 años la cifra ha estado muy por debajo del promedio que se necesita”, comenta Claudio Valencia, director ejecutivo y fundador de 1st Quartile Mining. En ese contexto, visualiza “una fuerte mejora en las proyecciones de inversión para la minería del cobre en el periodo 2025-2032. Si consideramos sólo proyectos de cobre a nivel de “gran escala” a nivel nacional (que producirán más de 65 kt/a de cobre fino), nosotros estimamos que existen al menos 15 proyectos (2 en construcción, 6 probables y 7 posibles, de acuerdo a nuestra visión) en desarrollo. La

inversión acumulada sólo en estos 15 proyectos alcanzaría a cerca de US\$61,3 billones (si se incluyen los proyectos “tentativos” llegamos a US\$69 billones). Lo anterior, es una muy buena noticia para el país, las regiones mineras, los proveedores, los trabajadores y, en general, para todos los chilenos. La gran mayoría de ellos, son a rajo abierto, con la excepción de los proyectos de El Teniente y Los Bronces Integrado”.

“Lo anterior, por otro lado, generará importantes desafíos de gestión para las empresas mineras. Nuestro análisis, nos permite anticipar una fuerte demanda por servicios de ingeniería y construcción para los próximos años. El periodo más crítico debería producirse entre 2028 y 2032, con hasta 11 grandes proyectos en construcción simultánea, si se materializan los proyectos que hoy todavía tenemos catalogados como “probables” y “posibles”. Muchos de estas iniciativas son “megaproyectos” (Exp. El Abra, Exp. Escondida, Collahuasi 4ta Línea, Crecimiento de QB, Ext. Cerro Colorado, Desarrollo El Teniente, Los Bronces Integrado, entre otros), lo que generará desafíos adicionales para el desarrollo en tiempo, calidad y costo”, advierte el especialista. En la visión de Valencia, esto “obliga desde ya a las empresas mineras, a planificar anticipada y adecuadamente, para el éxito de sus proyectos, en un ambiente de alta demanda por recursos, humanos,

Reportaje central

Reportaje

tecnología, equipos, insumos, materiales, repuestos, etc. “

Portafolio minero

“En los próximos 15 años se espera que se materialicen inversiones en minería a rajo abierto por sobre los US\$80 mil millones, donde el cobre representará aproximadamente el 90% del total. Si bien la mayoría de estos proyectos corresponden a iniciativas brownfield, ya sea en forma

de expansiones o reposición de operaciones existentes, también existen proyectos greenfield de gran envergadura, como Santo Domingo, Vizcachitas y Costa Fuego en el sector cuprífero, así como Lobo Marte y Norte Abierto en el sector aurífero”, detalla Andrés González, analista de Plusmining.

El profesional recalca que a pesar de que el monto total de inversión proyectado

es significativo, no todos los proyectos en la cartera tienen la misma probabilidad de materialización. “En aquellos que aún no cuentan con Resolución de Calificación Ambiental, factores como las relaciones comunitarias y otros aspectos socioambientales serán determinantes para la obtención de la aprobación y, en consecuencia, para la decisión final de inversión por parte de las empresas”, advierte. **mch**

Proyectos activos a cielo abierto o mixtos en Chile con Capex inicial estimado de al menos mil millones de US\$

Nombre	Región	Operador	Commodity principal	Método minero	Etapas de desarrollo	Tipo de proyecto	Puesta en marcha esperada	Capex inicial [MUS\$]
Salvador Rojo Inca	Atacama	Codelco	Copper	Open Pit	Construction	Brownfield Reposition	2025	2494
Los Pelambres - Operational Adaptation (PAO)	Coquimbo	Antofagasta Plc	Copper	Open Pit	Construction	Brownfield Expansion	2027	2000
Zaldivar - Water Supply Transition Project	Antofagasta	Antofagasta plc	Copper	Open Pit	Feasibility	Brownfield Reposition	2028	1200
Spence - Operational Adaptation	Antofagasta	BHP Group	Copper	Open pit	Feasibility	Brownfield Reposition	2028	1652
Santo Domingo	Atacama	Capstone Copper Corp.	Copper	Open Pit	Feasibility	Greenfield	2028	2315
Los Bronces Integrado	Metropolitana	Anglo American Sur	Copper	Mix	Feasibility	Brownfield Reposition	2028	3300
Collahuasi Expansion from 170 ktpd to 210 ktpd	Tarapacá	Minera Doña Inés de Collahuasi	Copper	Open Pit	Construction	Brownfield Expansion	2028	3670
Nueva Centinela (Second Concentrator)	Antofagasta	Antofagasta Plc	Copper	Open Pit	Construction	Brownfield Expansion	2028	4400
Radomiro Tomic II Sulfides	Antofagasta	Codelco	Copper	Open Pit	Feasibility	Greenfield	2028	5571
Costa Fuego	Atacama	Hot Chili Ltd.	Copper	Mix	Prefeasibility	Greenfield	2029	1045
Sierra Gorda - Expansion 230 ktpd	Antofagasta	KGHM	Copper	Open Pit	Feasibility	Brownfield Expansion	2029	1800
Vizcachitas	Valparaíso	Los Andes Copper Ltd.	Copper	Open Pit	Prefeasibility	Greenfield	2029	2776
QB2 Mill Expansion from 140 ktpd to 210 ktpd	Tarapacá	Teck Resources	Copper	Open Pit	Prefeasibility	Brownfield Expansion	2029	3000
Lobo-Marte	Atacama	Kinross Minera Chile Ltda.	Gold	Open Pit	Prefeasibility	Greenfield	2030	1080
NuevaUnion Fase 1	Atacama	NuevaUnion	Copper	Open Pit	Prefeasibility	Greenfield	2030	3500
Desarrollo Futuro DMH	Antofagasta	Codelco	Copper	Open Pit	Feasibility	Brownfield Expansion	2028	2500
Escondida - Laguna Seca concentrator expansion	Antofagasta	BHP Group	Copper	Open Pit	Prefeasibility	Brownfield Expansion	2031	2300
Escondida - BHP Leach ripios application	Antofagasta	BHP Group	Copper	Open Pit	Prefeasibility	Brownfield Expansion	2032	1100
Escondida - Los Colorados concentrator replacement (ENC)	Antofagasta	BHP Group	Copper	Open pit	Feasibility	Brownfield Reposition	2032	5150
Cerro Colorado Potential Restart	Tarapaca	BHP Group	Copper	Open Pit	Scoping	Brownfield Reposition	2034	2750
Los Pelambres Extensión Vida Útil (EVU)	Coquimbo	Antofagasta Plc	Copper	Open Pit	Scoping	Brownfield Expansion	>2034	2000
Andina Expansion	Valparaíso	Codelco	Copper	Mix	Prefeasibility	Brownfield Expansion	>2034	3200
NuevaUnion Fase 2 (12 ktpd) y 3 (92 ktpd)	Atacama	NuevaUnion	Copper	Open Pit	Prefeasibility	Greenfield	>2034	3700
Norte Abierto	Atacama	Norte Abierto	Gold	Open Pit	Prefeasibility	Greenfield	>2034	6344
El Abra Expansion	Antofagasta	Freeport-McMoRan	Copper	Open Pit	Prefeasibility	Brownfield Expansion	>2034	7511

Fuente: Plusmining, 2025