



En Chile, el contenido de cobre en desechos mineros con mayores leyes que las fuentes primarias aumentaría de 1,6 a 5,6 millones de toneladas entre 2005 y 2050.

INFORME DE LA IEA:

Destacan importancia de incentivar el reciclaje de minerales críticos

El proceso implica contar con infraestructura adecuada para recolectar, clasificar y recuperar los metales.

PAULA MONTEBRUNO R.

Impulsar el reciclaje de minerales críticos, materias primas esenciales para las tecnologías de energía limpia, puede tener importantes beneficios en la seguridad energética, la diversificación y la reducción de emisiones. Así lo concluye el informe "Reciclaje de minerales críticos: estrategias para aumentar el reciclaje y la minería urbana", de la Agencia Internacional de la Energía (IEA, por sus siglas en inglés). La producción de minerales críticos emite 80% menos gases de efecto invernadero que aquella de materiales primarios procedentes de la minería y ayudan a evitar los vertederos.

Según el informe, si todos los países cumplen la totalidad de compromisos climáticos, "el reciclaje reduciría las necesidades de desarrollo de nuevas minas en un 40% para el cobre y el cobalto, y en un 25% para el litio y el níquel para 2050". La IEA señala también que el reciclaje se puede seguir ampliando si se aplican los incentivos políticos adecuados, a medida que los vehículos eléctricos lleguen al final de su vida útil y la disponibilidad de materias primas aumente rápidamente después de 2030.

"Incrementar el reciclaje también requiere infraestructura adecuada para recolección, clasificación y recuperación de metales, lo que demanda una inversión inicial significativa", indican a "El Mercurio" desde la IEA.

La entidad agrega que la minería genera alrededor de 100.000 millones de toneladas (Mt) de residuos cada año, además de la gran cantidad de relaves activos, inactivos y cerrados. Este volumen aumentará casi 90% entre 2020 y 2030, y la recuperación de minerales críticos

podría reducir los residuos y mitigar impactos ambientales como la contaminación del agua y del suelo.

POTENCIAL CHILENO

Según el informe, en Chile el contenido de cobre en desechos mineros con mayores leyes que las fuentes primarias aumentaría de 1,6 Mt en 2005 a 5,6 Mt en 2050. Para aprovechar este potencial se requerirá un mapeo integral de los recursos, apoyo a la investigación y desarrollo de tecnologías, incentivos económicos y abordar las responsabilidades en cuanto a desechos en sitios abandonados.

En nuestro país, el proyecto Optiminer, desarrollado por un consorcio formado por Fraunhofer Chile, Fraunhofer ISE, la Cámara Chileno-Alemana de Comercio e Industria, AHK Chile, y financiado por el programa Horizonte de la Unión Europea, está desarrollando una propuesta para optimizar la recuperación de minerales críticos como cobre, cobalto, magnesio y neodimio, entre otros. Con tecnologías avanzadas, *machine learning*, modelos de gemelos digitales y analítica de datos, se propone mejorar los procesos de extracción en la minería, el uso de la energía, el agua y la valorización de residuos, a través de procesos más ecológicos y económicamente viables.

"Estas herramientas permiten analizar y monitorear en tiempo real los procesos de recuperación, y también adaptar y optimizar las operaciones en función de las condiciones específicas de cada entorno minero", sostiene Christian Larsen, *head of Corporate Strategy* de Fraunhofer Chile, sobre el proyecto que se presentará a principios de 2025, para luego probarlo en diversos entornos mineros.

EN PERMANENTE EVOLUCIÓN:

La simbiosis entre minería y medicina para una mejor salud

Desde dispositivos médicos hasta prótesis personalizadas, la industria aporta el material para soluciones innovadoras en prevención de infecciones y el tratamiento de enfermedades como el cáncer.

CRISTIÁN MÉNDEZ

Los minerales han aportado a la salud humana desde tiempos remotos. De hecho, cuando los egipcios, griegos y romanos usaban azufre y hierro, ya existía conocimiento verbal anterior de sus beneficios.

Pero los historiadores dicen que el verdadero punto de inflexión de esta simbiosis entre minería y medicina llega con la Revolución Industrial y el descubrimiento de nuevas propiedades de los metales. A partir de entonces, la relación sigue evolucionando en beneficio de la innovación médica.

COBRE

Se usa en elementos como mobiliario, ropa del personal e instrumentos quirúrgicos, "notándose una reducción significativa en las tasas de infecciones hospitalarias", destaca Katherina Fernández, del Departamento de Ingeniería Química de la Universidad de Concepción (UdeC).

A ello se suma su presencia en cables y baterías de marcapasos para asegurar una transmisión eficiente de las señales eléctricas y mejorar la precisión y funcionalidad de equipos de diagnóstico. Además, el dermatólogo Luis Calvo agrega "su uso tópico para tratar heridas y afecciones de la piel, debido a sus propiedades antiinflamatorias y cicatrizantes".

PLATA

Cada vez es más frecuente su uso en revestimientos de dispositivos médicos, vendas y apósitos, "ya que estimula la regeneración de tejidos mientras previene infecciones", explica David Torres, académico de la Facultad de Medicina de la Universidad de los Andes. Por ello, se utiliza también como recubrimiento de catéteres, implantes y dispositivos médicos, y en las placas de circuito impreso para la mayoría de los equipos de diagnóstico.

ORO

Como "una nueva era en la oncología" ha sido calificada la terapia fototérmica (PTT), que utiliza nanopartículas de oro que, al calentarse con luz láser, destruyen células cancerígenas de forma localizada.



El neodimio y el disprosio son claves para la fabricación de imanes de alta potencia, fundamentales en los equipos de resonancia magnética.

LA TERAPIA FOTOTÉRMICA (PTT) es un tratamiento que utiliza nanopartículas de oro para eliminar células cancerígenas.

Este enfoque ha demostrado ser menos invasivo y más preciso que los tratamientos tradicionales, al focalizarse en células específicas.

También el oro está presente en implantes dentales, pruebas de laboratorio y equipos de diagnóstico por su conductividad eléctrica y resistencia a la corrosión.

NEODIMIO Y DISPROSIO

La fabricación de equipos médicos de alta tecnología como tomógrafos computarizados (TAC), resonadores magnéticos (RM) y dispositivos de monitoreo portátiles,

depende de minerales como el neodimio y el disprosio, claves para la fabricación de imanes de alta potencia, fundamentales en esos aparatos. "No solo permiten una mejor calidad de las imágenes, sino que también aumenta la seguridad de los pacientes con diagnósticos más precisos, disminuyendo el riesgo de exámenes invasivos o cirugías innecesarias", detalla David Torres.

LITIO

Es esencial para las baterías de larga duración de marcapasos y otros dispositivos implantables, ya que garantiza eficiencia y seguridad.

Además, se usa como medicamento para tratar la depresión y el trastorno bipolar.

TITANIO Y ACERO QUIRÚRGICO

La impresión 3D con titanio y acero quirúrgico ha permitido crear prótesis para reconstrucciones craneofaciales y ortopédicas "con estructuras que simulan el hueso natural, lo que favorece la integración al cuerpo, permitiendo cirugías reconstructivas complejas o de situaciones específicas", detalla Torres.

"La asociación de metales con polímeros o el diseño de estructuras que permitan estimular la regeneración ósea podrían reducir el peso de los implantes, aumentar la flexibilidad y disminuir el riesgo de reintervenciones", finaliza.

BREVES

China prohíbe exportar minerales a EE.UU.

China impuso un embargo comercial a la exportación de cuatro minerales críticos a Estados Unidos, generando alarma entre las empresas multinacionales que hacen negocios con el país asiático, según The New York Times.

La medida amenaza a las cadenas de suministro mundial, al obligar a las compañías a elegir el país al que entregan productos con dichos materiales: Estados Unidos o China.

Buscan reactivar mina de tungsteno en Reino Unido

La mina Hemerdon, en Devon, Reino Unido, contiene el segundo mayor depósito de tungsteno del mundo, pero no ha sido posible reactivarla, y la empresa está en conversaciones con el gobierno. Este definió al tungsteno como mineral crítico, y la producción de la mina podría convertir al país en un actor global importante de su mercado, que hoy domina China.

ANTE UN MERCADO QUE CRECE:

Industria apuesta por las startups para impulsar la innovación

El rubro está en búsqueda de soluciones disruptivas a sus problemáticas, principalmente, en el ámbito de la ciencia de datos y la inteligencia artificial.

CRISTIÁN MÉNDEZ

La cartera de proyectos mineros 2024-2033 para el país contempla 51 iniciativas, valorizadas en US\$ 83.181 millones, según consta en la presentación realizada este mes por el Ministerio de Minería. En la ocasión, se destacó que todas vienen integradas con tecnologías de última generación, tanto para la explotación como para el cuidado del medio ambiente y las comunidades circundantes.

Este es un compromiso que la minería ha tomado muy en serio desde hace décadas, asegura Carolina Águila, directora del Área Minería de Inacap, quien agrega que se construye sobre tres pilares: innovación, inclusión e integración. "La innovación, liderada por la inteligencia artificial, permite operaciones más eficientes, sostenibles y seguras, reduciendo el impacto ambiental y optimizando recursos; la inclusión enriquece la fuerza laboral, y la integración fomenta la colaboración entre empresas, proveedores, comunidades y gobierno. En este cuadro, los proveedores son clave, aportando tecnologías y conocimiento para una minería más competitiva y sostenible", agrega la académica.

Es un hecho que las mineras están en constante búsqueda de empresas tecnológicas que aporten soluciones disruptivas a sus problemáticas y, en este sentido, las startups representan una oportunidad. Dalibor Dragicevic, vicepresidente ejecutivo de Operaciones de Collahuasi, destaca que han "avanzado en formular proyectos con startups chilenas que cuentan con ventajas competitivas en el ámbito de la ciencia de datos y la inteligencia artificial".

Con este objetivo, analizan el mercado de la



El cambio de revestimientos de molino con un brazo robótico entrega mayor seguridad y productividad.

ENTRE 2024 Y 2030

se contabilizan 51 proyectos mineros, por US\$ 83.181 millones, en cuyo desarrollo la innovación cumple un rol fundamental.

innovación "para identificar y establecer alianzas virtuosas que aporten un valor significativo a nuestro crecimiento y desarrollo", explica el ejecutivo. Además, participan en ferias con proveedores y universidades para fomentar "la transferencia tecnológica y mejorar la competitividad", continúa.

Algunos ejemplos concretos de este enfoque en Collahuasi se ven en iniciativas relacionadas con la robotización. Una de ellas es "la automatización en el cambio de re-

vestimientos de molino, que permite capturar valor en seguridad y productividad. También está el sistema robótico de carga de bolas, consistente en un brazo robótico que busca alcanzar un proceso de molienda con un grado de efectividad superior, teniendo como objetivo asegurar la continuidad operacional y la ejecución del proceso de forma continua, estable, ininterrumpida y segura. Esto impacta directamente en seguridad, productividad y uso eficiente de recursos".

Dalibor Dragicevic subraya finalmente que la empresa está abierta "a explorar oportunidades de colaboración como proyectos piloto o MVP (producto mínimo viable), con el objetivo de maximizar los beneficios mutuos y seguir liderando en la aplicación de la ciencia de datos y la inteligencia artificial en nuestro sector".

CIFRAS

MERCADO MINERÍA VERDE A 2027

(Tecnologías, mejores prácticas y sistemas para lograr mayor eficiencia energética y reducir el impacto ambiental en las operaciones).

US\$ 17.600
millones será

el valor del mercado en 2027, con una tasa de crecimiento anual compuesta (CAGR) de 9,9% a partir de 2022 (cuando fue de US\$ 11.000 millones).

US\$ 6.387
millones será el

valor del mercado europeo en 2027, con una CAGR de 11,5%, cifra que ubicaría al continente en el primer lugar mundial.

15%

será la CAGR entre 2022 y 2027 en Reino Unido, el mayor mercado de minería verde en Europa en 2021.

Fuente: Green Mining Market, marketsandmarkets.com