



El salto hacia la mina inteligente

Autonomía y teleoperación redefinen la productividad

La minería chilena acelera la adopción de tecnologías avanzadas y sistemas remotos que elevan la eficiencia, refuerzan la seguridad y sostienen la competitividad en faenas de superficie y subterráneas. Por Horacio Acuña

El sector minero chileno avanza hacia una nueva frontera tecnológica impulsada por la creciente complejidad geológica de los yacimientos, la caída en las leyes del mineral y el alza de los costos operacionales. En este escenario, la Minería 4.0 dejó de ser una aspiración y se convirtió en un eje real de transformación, orientado a elevar la eficiencia y la seguridad en faena.

En este proceso, destacan la automatización de flotas y los sistemas autónomos. Camiones y perforadoras que antes requerían operación manual ahora funcionan con apoyo de inteligencia artificial y sensores de alta precisión, mientras la teleoperación gana terreno al permitir que equipos se controlen desde centros integrados ubicados a kilómetros de distancia.

DECISIONES ÁGILES

En 2021, Anglo American inauguró su Centro Integrado de Operación Remota (IROC) para gestionar a distancia la

operación de la mina Los Bronces.

María Victoria Madrid-Salvador, gerenta de operaciones integradas de Los Bronces, destaca que su implementación "ha fortalecido la comunicación y la comprensión de los procesos, facilitando la toma de decisiones ágiles y eficientes, especialmente en interfases críticas, como despacho, chancado, molienda y flotación".

Esta forma de trabajo asimismo ha mejorado la coordinación operativa y reforzado la seguridad al reducir la exposición a riesgos. "El uso de tecnología avanzada ha permitido una mayor uniformidad en los niveles de almacenamiento y una gestión más eficiente de las reservas de agua", agrega.

VISIÓN INTEGRAL DEL PROCESO

El IROC opera con herramientas digitales que incrementan la eficiencia y la confiabilidad en cada etapa del proceso. "Estas soluciones ofrecen una visión integral para el monitoreo de KPIs y el seguimiento del cumplimiento de planes,



Foto: Anglo American

■ **María Victoria Madrid-Salvador,**
gerenta de operaciones integradas de Los Bronces.

mostrando información en tiempo cercano al real e integrando sistemas de despacho, topografía y planificación”, explica Madrid-Salvador. Entre ellas, menciona el sistema LiDAR, que entrega estimaciones precisas de volúmenes en stockpile para asegurar continuidad de producción.

La integración del área de mejoramiento continuo también ha permitido identificar brechas y aplicar herramientas Lean Kaizen para estabilizar procesos.

Finalmente, la convergencia de sistemas como Despacho y FrontRunner ha optimizado la gestión de flota. “Esta sinergia redujo tiempos de respuesta y aseguró una mayor continuidad operacional”, señala la ejecutiva.

AUTONOMÍA OPERATIVA

También como parte de estos avances, Anglo American introdujo perforadoras con mínima intervención humana, mejorando seguridad y reduciendo exposición a riesgos.

“Los ocho equipos Epiroc Pit Viper 351, controlados desde el IROC, cuentan con capacidad para operar de forma manual, telerremota y autónoma, alcanzando en este último modo usos aproximados de un 80%”, indica Madrid-Salvador. La mina también implementará autonomía en perforadoras SmartROC, destinadas a tareas de menor tamaño y precorte.



Foto: Sierra Gorda SCM

■ **Rocío Amarilla Páez,**
fiscal general, sustentabilidad y asuntos corporativos de Sierra Gorda SCM.

En transporte, Los Bronces opera 20 camiones autónomos Komatsu 930E en un sistema mixto que combina vehículos autónomos y tripulados, un esquema poco frecuente por su complejidad.

DRONES E INVENTARIOS

Sierra Gorda SCM avanza en la misma línea tras poner en marcha en 2023 la operación autónoma de tres perforadoras PitViper-351. Estos equipos destacan por su capacidad de mantener la perforación activa incluso durante cambios de turno o detenciones programadas, lo que ha elevado la continuidad del proceso.

Desde su implementación, la minera ha reportado una reducción significativa de la presencia de personal en zonas de mayor riesgo dentro del rajo, además de un aumento en los metros perforados por turno.

Junto con ello, la minera avanza en la autonomización de las tareas de inventario. Rocío Amarilla Páez, fiscal general, sustentabilidad y asuntos corporativos de Sierra Gorda SCM, resalta la incorporación del Sierra Dron, un dron acondicionado para el desarrollo de un inventario rápido y seguro de grandes patios de bodega, reduciendo tiempos y riesgos.

“Este sistema complementa a Sierra Bot, un robot autónomo de inventario que combina inteligencia artificial y tecnología RFID, que puede escanear



Foto: CNP

■ **Matías Castro Quijada,**
gerente técnico del Centro Nacional de Pilotaje.

“La implementación del IROC ha fortalecido la comunicación y la comprensión de los procesos, facilitando la toma de decisiones ágiles y eficientes”, destaca María Victoria Madrid-Salvador, de Los Bronces.

Foto: Sierra Gorda SCM



Sierra Dron está acondicionado para la realización de un inventario rápido y seguro en grandes patios de bodega.

Según Matías Castro Quijada, del CNP, “la autonomía puede optimizar la continuidad y estabilidad operativa, reducir exposición humana a riesgos y favorecer un uso más eficiente de recursos”.

más de 14 mil códigos en 50 minutos, y ha permitido reducir los tiempos operativos, aumentar la precisión al 100%, mejorar la trazabilidad de los insumos y evitar errores de ubicación e, incluso, compras innecesarias”, comenta.

PILOTAJE DE TECNOLOGÍAS

El Centro Nacional de Pilotaje (CNP) ha adquirido un rol clave en la validación de tecnologías mineras avanzadas. “Desde pruebas en terreno hasta la validación de sistemas que buscan mejorar seguridad y productividad, el organismo se ha transformado en un punto de encuentro entre proveedores y compañías”, explica su gerente técnico, Matías Castro Quijada.

Un hito en este ámbito fue la Guía de Implementación de Pilotos y Validación de Equipos Autónomos, desarrollada junto a Sernageomin, que establece lineamientos claros para el diseño, evaluación y control de riesgos en este tipo de iniciativas. “Este estándar ha permitido agilizar procesos de revisión y autorización, como los asociados al proyecto de camiones autónomos de Anglo American en Los Bronces”, afirma Castro Quijada.

El CNP colabora hoy con faenas y proveedores en la validación de equipos autónomos y sistemas de teleoperación, monitoreo avanzado y soluciones de inteligencia artificial aplicada, tanto en minería de superficie y subterránea, “fortaleciendo capacidades en materias de seguridad, gestión

del cambio y operaciones remotas en las fases piloto”, precisa el ejecutivo.

SEGURIDAD Y SOSTENIBILIDAD

Respecto al corto y mediano plazo, Castro Quijada explica que existen proyectos en etapa de implementación que podrían avanzar hacia operaciones industriales, tanto en autonomía como en operación remota y sistemas digitales de apoyo a la toma de decisiones.

A su juicio, es relevante que la minería local avance en la implementación de tecnologías autónomas y teleoperadas, porque estas permiten enfrentar desafíos estructurales del sector: operaciones más profundas, remotas o complejas; presión competitiva global; y mayores exigencias en seguridad y sostenibilidad. “La autonomía puede optimizar la continuidad y estabilidad operativa, reducir exposición humana a riesgos y favorecer un uso más eficiente de recursos. Además, la adopción de estas tecnologías impulsa capital humano especializado e innovación local, lo que refuerza la competitividad del país en el largo plazo”, puntualiza.

Rocío Amarilla Páez, por su parte, plantea que la integración de estas herramientas ya es importante y que, con el tiempo, se transformará en una necesidad: “La industria se encamina hacia una serie de desafíos para los que debe estar preparada”. Añade que la minería de baja ley será el escenario predominante para muchas operaciones en el mediano y largo plazo. “La industria en el país está dando ese giro; por esto, las compañías necesitan ser más eficientes para mantener la rentabilidad, y allí es donde se debe aplicar la innovación”, señala la ejecutiva de Sierra Gorda SCM.

En la misma línea, Castro Quijada subraya que avanzar hacia una minería más digital, autónoma y conectada es una condición habilitante para que Chile mantenga su liderazgo mundial en el sector “de manera segura y sostenible”.