



■ Pilotajes conectan empresas, academia y faenas para escalar soluciones globales

Donde la innovación se hace minería: el laboratorio tecnológico del norte chileno

La minería enfrenta uno de los procesos de transformación tecnológica más profundos de su historia. Automatización, inteligencia artificial, descarbonización, gestión eficiente del agua, monitoreo en tiempo real y control de emisiones son parte de una nueva generación de soluciones que buscan responder a los crecientes desafíos de productividad, sostenibilidad y competitividad que enfrenta la industria.

Sin embargo, entre una innovación desarrollada en un laboratorio y una tecnología operando en una gran faena minera existe una brecha que históricamente ha sido difícil de superar. La necesidad de validar soluciones en condiciones reales de operación, demostrar resultados medibles y reducir los riesgos asociados a su implementación ha sido uno de los principales obstáculos para el desarrollo tecnológico del sector.

Es precisamente en ese espacio donde ha construido su rol el Centro Nacional de Pilotaje (CNP), institución que durante los últimos años se ha convertido en uno de los principales articuladores del ecosistema de innovación minera del país.

Su misión es simple de describir, pero compleja de ejecutar: conectar a las empresas desarrolladoras de tecnología con operaciones mineras reales para validar soluciones antes de su adopción a escala industrial.

“El principal aporte del Centro Nacional de Pilotaje ha sido reducir una de las brechas históricas de la

La validación de soluciones en faenas reales acelera la adopción de inteligencia artificial, automatización, gestión hídrica y descarbonización, fortaleciendo capacidades regionales con proyección hacia mercados internacionales.

innovación minera: la dificultad de validar tecnologías en condiciones operacionales reales”, explica Andrés González, gerente del CNP. “Hemos contribuido a generar confianza entre compañías mineras, proveedores tecnológicos, inversionistas y organismos públicos, facilitando procesos de pilotaje que permiten evaluar desempeño, riesgos y potencial de escalamiento antes de una adopción masiva”.

Según el ejecutivo, más allá de los proyectos ejecutados, uno de los principales logros ha sido instalar capacidades y metodologías de pilotaje que hoy son reconocidas tanto en Chile como en mercados mineros internacionales. “Nuestro aporte es fortalecer un ecosistema donde la innovación puede avanzar desde la etapa de desarrollo hacia la implementación efectiva, generando valor para la industria y abriendo oportunidades para proveedores tecnológicos nacionales”.

ANTOFAGASTA COMO LABORATORIO NATURAL

Hablar de innovación minera en Chile implica necesariamente mirar hacia la Región de Antofagasta.

La zona concentra gran parte de la producción nacional de cobre y alberga algunas de las operaciones más grandes del planeta. A ello se suma la presencia de universidades, centros tecnológicos, proveedores especializados y una creciente cultura de innovación que ha permitido consolidar un ecosistema único en Latinoamérica. Para el CNP, estas condiciones convierten a la región en un verdadero laboratorio natural para el desarrollo tecnológico.

“Antofagasta reúne condiciones excepcionales para el pilotaje tecnológico. Aquí se concentra una parte significativa de la producción minera nacional, existe una amplia diversidad de operaciones, procesos y desafíos productivos, y conviven compañías de clase mundial con una red cada vez más robusta de proveedores tecnológicos, universidades y centros especializados”, destaca González.

El ejecutivo agrega que durante los últimos años se ha fortalecido una cultura regional orientada a la innovación, impulsada por la colaboración entre empresas, centros de investigación y organismos públicos. “La presencia de instituciones co-

mo el CNP, junto con organizaciones empresariales y de articulación tecnológica, ha permitido consolidar capacidades que transforman a la región en un entorno privilegiado para probar, validar y escalar soluciones con potencial de impacto global”, sostiene.

A su juicio, espacios como EXPO-NOR son una demostración concreta de ese ecosistema. “Antofagasta es el lugar donde converge no sólo maquinaria y tecnologías desarrolladas para la minería, sino también programas de innovación abierta y aceleración tecnológica que permiten llevar nuevas soluciones desde la etapa de desarrollo hasta la operación”.

No es casualidad que una parte importante de los pilotos tecnológicos desarrollados para la minería chilena durante la última década se haya ejecutado en la región.

LAS TECNOLOGÍAS QUE BUSCA LA MINERÍA

La agenda tecnológica del sector está cambiando rápidamente.

Si hace algunos años el foco estaba puesto principalmente en mejoras de procesos específicos, hoy las compañías buscan soluciones capaces de

responder simultáneamente a desafíos de productividad, seguridad y sostenibilidad.

“Actualmente observamos una alta demanda por tecnologías orientadas a mejorar productividad, sostenibilidad y seguridad operacional”, explica González. “Destacan soluciones vinculadas a automatización, monitoreo en línea de procesos, inteligencia artificial aplicada a la toma de decisiones, mantenimiento predictivo, eficiencia energética y optimización del uso del agua”.

También existe un creciente interés por tecnologías relacionadas con descarbonización, economía circular, gestión de relaves y valorización de residuos.

Pero uno de los ámbitos que ha mostrado mayor dinamismo corresponde al control y mitigación de material particulado, una problemática especialmente relevante para las operaciones ubicadas en zonas desérticas.

“Una línea de mucho interés y necesidad por parte de las mineras es el pilotaje de soluciones para controlar y mitigar el material particulado en las operaciones mineras. Esto es importante en cualquier operación, pero aún más en el desierto, donde la Región de Antofagasta concentra gran parte de la demanda por este tipo de tecnologías”, señala.

En esta línea, el CNP ha participado en la validación de sistemas de supresión de polvo en la División Radomiro Tomic de Codelco y en proyectos desarrollados junto a empresas como AirFlux y Experticia, entre otras.

LAS TECNOLOGÍAS QUE MARCARÁN LA MINERÍA DE 2035

Innovación, sostenibilidad y digitalización serán los pilares de una industria más eficiente, segura y respetuosa con el entorno.

1. INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y ANALÍTICA AVANZADA

Modelos predictivos, analítica en tiempo real y toma de decisiones inteligentes para optimizar procesos y anticipar fallas.

9. MANTENIMIENTO PREDICTIVO

Sensores y análisis de datos para anticipar fallas, optimizar la disponibilidad de equipos y reducir costos operacionales.

8. ECONOMÍA CIRCULAR Y VALORIZACIÓN DE RESIDUOS

Soluciones que permiten reutilizar residuos y subproductos de la minería, generando nuevos materiales y reduciendo impactos.

2. AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA

Equipos autónomos, robots colaborativos y sistemas teleoperados que aumentan la productividad y reducen riesgos para las personas.

3. EQUIPOS ELÉCTRICOS Y AUTÓNOMOS

Mayor penetración de equipos eléctricos, telecomandados y autónomos para una minería baja en carbono y más segura.

4. GESTIÓN HÍDRICA INTELIGENTE

Tecnologías para reutilización de agua, monitoreo en línea y procesos más eficientes en contextos de escasez hídrica.



VIENE DE LA PÁGINA ANTERIOR

LA NUEVA OLA TECNOLÓGICA

Si existe una tendencia transversal en la minería global es la digitalización.

La incorporación de inteligencia artificial está permitiendo optimizar procesos, anticipar fallas, mejorar la planificación operacional y aumentar la eficiencia de los activos productivos.

“La inteligencia artificial destaca por su capacidad para optimizar procesos, anticipar fallas y apoyar decisiones operacionales complejas”, afirma González. “También la automatización y robótica siguen avanzando, especialmente en ambientes donde la seguridad y la productividad son factores críticos”.

A estas transformaciones se suma la creciente electrificación de equipos y procesos.

“La descarbonización es un foco, donde está aumentando la penetración de equipos eléctricos en la operación, muchos de ellos telecomandados o autónomos”, señala el ejecutivo.

Sin embargo, advierte que el desafío no se limita a incorporar nueva tecnología.

“En estos casos el desafío no es sólo adquirir la tecnología, sino adaptar la operación para que el proceso sea eficiente, productivo y seguro. Temas como conectividad, ciclos de trabajo, logística de carga y vida útil de las baterías son parte de los desafíos que hoy enfrentan las operaciones”, explica.

AGUA, RELAVES Y SOSTENIBILIDAD

Otro de los focos de innovación más relevantes está asociado a la gestión hídrica y el manejo de residuos mineros.

La escasez de agua y las crecientes exigencias ambientales han impulsado el desarrollo de tecnologías destinadas a aumentar la recuperación hídrica, optimizar el monitoreo de procesos y mejorar la gestión de relaves.

“En materia de reutilización y gestión de relaves destacan soluciones para aumentar la recuperación de agua, mejorar el monitoreo en tiempo real, optimizar la estabilidad física de los depósitos y avanzar hacia esquemas de economía circular”, señala

González.

El ejecutivo destaca además el creciente interés que existe por tecnologías de desaguado de relaves, relaves filtrados y relaves espesados, áreas donde la innovación está generando impactos concretos tanto en sostenibilidad como en eficiencia operacional.

EL GRAN DESAFÍO: ESCALAR LA INNOVACIÓN

A pesar de los avances, uno de los principales desafíos sigue siendo transformar una validación exitosa en una implementación comercial a gran escala.

Muchas tecnologías logran demostrar su funcionamiento en laboratorio o incluso durante etapas piloto, pero enfrentan dificultades para dar el salto hacia la operación industrial.

“La principal barrera sigue siendo la transición entre una validación técnica exitosa y la adopción comercial a escala industrial”, advierte González.

“En minería, cualquier cambio tecnológico debe demostrar beneficios claros, minimizar riesgos operacionales y adaptarse a entornos productivos altamente exigentes”, agrega.

A ello se suman desafíos asociados al financiamiento de etapas intermedias de desarrollo, disponibilidad de espacios para pilotaje, tiempos de evaluación y gestión del cambio dentro de las organizaciones.

Para el gerente del CNP, acelerar la adopción tecnológica requerirá fortalecer instrumentos financieros orientados al escalamiento y generar mecanismos que faciliten la incorporación de innovación en los procesos de compra y contratación de las compañías mineras.

“La innovación requiere espacios para experimentar, aprender y validar soluciones de manera sistemática, siempre bajo estándares adecuados de seguridad y desempeño”, enfatiza. Asimismo, plantea que existe una oportunidad importante para vincular innovación y regulación.

“En los procesos de aprobación de proyectos aparecen desafíos donde los titulares podrían in-

corporar tecnologías innovadoras y demostrarlas mediante pilotajes. Eso permitiría generar evidencia concreta sobre su eficacia y facilitar su adopción futura”, sostiene.

ANTOFAGASTA Y LA MINERÍA DE 2035

Cuando se proyecta la industria hacia la próxima década, la dirección parece clara: una minería más digital, automatizada y sostenible.

“Creo que la minería de 2035 será considerablemente más digital, automatizada y sostenible que la actual”, afirma González. La inteligencia artificial, el análisis avanzado de datos, el monitoreo en tiempo real y el mantenimiento predictivo pasarán a formar parte de las operaciones cotidianas. Al mismo tiempo, las compañías deberán integrar soluciones para gestionar de manera más eficiente el agua y la energía, reducir emisiones e incorporar energías renovables en sus procesos.

Pero el desafío no será únicamente tecnológico.

“Todo lo anterior deberá ir de la mano de una minería abierta a las comunidades y a la sociedad en general, donde las operaciones reduzcan al mínimo posible el impacto negativo sobre el territorio y amplifiquen sus beneficios”, sostiene.

En ese escenario, Antofagasta tiene una oportunidad única. No solo por su condición de capital minera, sino también por su capacidad para transformarse en una plataforma global de innovación aplicada.

“Chile ha avanzado de manera importante en la construcción de capacidades para desarrollar y validar tecnologías mineras, y hoy existen múltiples casos de proveedores que están llevando sus soluciones a mercados internacionales”, afirma González.

Y concluye: “Si somos capaces de fortalecer el pilotaje, la validación, el acceso a mercados internacionales y la colaboración entre actores del ecosistema, Antofagasta tiene todas las condiciones para transformarse en un polo exportador de innovación minera de clase mundial”.