

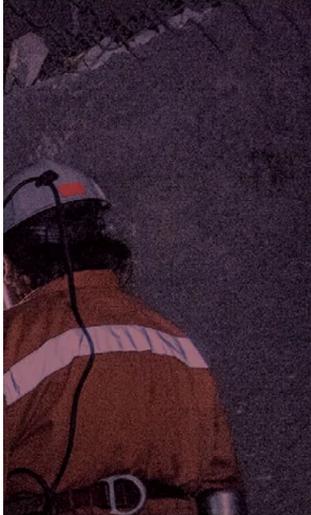
EL ROL DE LA TECNOLOGÍA PARA RESGUARDAR OPERACIONES SUBTERRÁNEAS



La inteligencia artificial y la automatización se presentan como soluciones para prevenir accidentes en faenas subterráneas, pero también son útiles para los rescatistas. Sin embargo, la alta inversión, la falta de regulación y la escasez de personal calificado frena su masificación, advierten expertos.

POR VALENTINA CÉSPEDES

La tragedia ocurrida en la división El Teniente de Codelco, que dejó a seis mineros fallecidos, volvió a evidenciar la fragilidad de la minería subterránea ante eventos imprevisibles, pero también abrió el debate sobre el rol de tecnologías como la inteligencia artificial (IA) o la automatización, herramientas que ya se implementan en la industria y que hoy son clave para anticipar riesgos, reducir la exposición



en faenas y asistir en labores de rescate.

El director de la Cámara Minera de Chile, Walter Muñoz, señala que estas tecnologías "están ayudando a mitigar este desafío al reducir drásticamente la exposición del personal a zonas de riesgo". Dice que mediante la implementación de sistemas de monitoreo predictivo y algoritmos de *machine learning* se puede analizar datos de sensores geotécnicos (extensó-

metros, geófonos) y geofísicos para identificar patrones que preceden, por ejemplo, a un colapso de roca.

"La tecnología de drones y robótica nos da una amplia gama de posibilidades, como el uso de drones para la inspección de galerías inaccesibles o el mapeo 3D de frentes de desarrollo y explotación, así como la implementación de robots para tareas de muestreo o manipulación de explosivos, pues minimiza la interacción humana con peligros potenciales. También es útil al momento de realizar un rescate, y así no se expone a los rescatistas a una línea de fuego que se presente en un accidente", ejemplifica Muñoz.

En cuanto a soluciones orientadas a prevenir errores humanos, el director comercial de Gauss Control, Mateo Salazar, señala que "hoy existen sistemas capaces de detectar signos de fatiga o distracción en tiempo real, incluso en entornos con baja conectividad". En esa misma línea, el director de Syncore, Juan Carlos Fernández, agrega que también se está trabajando con visión por computadora y dispositivos inteligentes en equipos de protección personal, los cuales permiten verificar el uso adecuado de los elementos de seguridad y evitar el ingreso a zonas restringidas.

Sistemas fragmentados y barreras culturales

Pese a las ventajas de su incorporación, la IA aplicada a faenas subterráneas enfrenta una serie de desafíos. La líder de Xellera Digital de Aurys Consulting, Vanessa Ramos, advierte que muchas operaciones siguen trabajando con sistemas fragmentados, sin conexión entre sensores, reportes ni plataformas, lo que impide que los algoritmos accedan a datos en tiempo real.

"Sin información validada, trazable y sistematizada, es prácticamente imposible entrenar modelos predictivos con precisión", agrega.

La resistencia cultural también es un obstáculo. Para muchos trabajadores, reemplazar inspecciones visuales por monitoreo automatizado implica no solo aprender nuevas habilidades, sino también un cambio de mentalidad. Esa transición, dice Ramos, se complica por la baja alfabetización digital y la desconfianza hacia estas herramientas, y mucho más en zonas remotas con baja conectividad. "Cuando la tecnología no muestra beneficios inmediatos, la percepción de poco valor se convierte en freno", indica.

En este escenario, Muñoz añade que "faltan profesionales con habilidades en ciencia de datos e inteligencia artificial que, además, comprendan la lógica de los procesos mineros". También señala que muchas faenas aún carecen de redes robustas —como 4G o 5G privadas o fibra óptica— necesarias para operar este tipo de soluciones.

A su vez, el director de la Cámara Minera de Chile, agrega que el marco normativo chileno no está completamente preparado para abordar las particularidades de la IA y la automatización, por lo que plantea que es necesario actualizar

el Reglamento de Seguridad Minera con protocolos específicos para certificar tecnologías, garantizar ciberseguridad y definir responsabilidades.

Oportunidades

Aunque la incorporación de IA para aumentar la seguridad en la minería subterránea sigue siendo inicial en la mayoría de las operaciones, principalmente por los altos costos de inversión, Muñoz proyecta oportunidades claras: mayor capacidad para predecir fallas, automatizar tareas riesgosas y optimizar procesos. Si bien la inversión inicial es alta, la reducción de accidentes, la mejora en la eficiencia productiva y el mantenimiento predictivo permiten un retorno sostenible a mediano y largo plazo, asegura el experto.

Según el director ejecutivo de Previs, Alex Cabrera, estas tecnologías "serán parte central de los centros de monitoreo, integrando datos para proyectar riesgos y emitir alertas tempranas". Concluye que el futuro de la IA en minería subterránea será "una sinergia entre operación y cuidado de las personas, que requerirá abordar también marcos éticos, regulatorios y calidad de datos desde cada organización que ocupe este tipo de desarrollo tecnológico".

Para el director de la Cámara Minera de Chile, Walter Muñoz, es necesario actualizar el Reglamento de Seguridad Minera, con protocolos específicos para certificar tecnologías, garantizar ciberseguridad y definir responsabilidades.