



INNOVACIÓN:

Cómo se diseñan las grandes obras de infraestructura en Chile

Mientras la geología construye una hoja de ruta para el desarrollo sostenible de los proyectos, las nuevas tecnologías ayudan a detectar deformaciones y anticipar condiciones de riesgo operacional.

La geología es una ciencia básica indispensable para la exploración de los recursos naturales. Gracias a ella, se pueden anticipar crisis y diseñar soluciones sostenibles. "Su rol principal es la mitigación de riesgos y la optimización del diseño estructural, frente a un territorio de características sísmicas registradas en el tiempo", explica Ricardo Álvarez, docente de la carrera de Geología de la Universidad Central, sede Región de Coquimbo.

Según el académico, el análisis geológico es crítico para identificar fallas activas, riesgos de licuefacción de suelos y amenazas de remoción en masa. "En megaproyectos como túneles o puentes de gran envergadura, el estudio litológico aporta en la determinación de la capacidad de carga del terreno y prever el comportamiento mecánico de las rocas bajo tensiones extremas", detalla.

De esta forma, la geología actúa como una hoja de ruta técnica que convierte la complejidad del relieve en soluciones seguras y resilientes. "Con este aporte al conocimiento y clasificación de nuestro territorio, la infraestructura nacional puede asegurar la robustez necesaria para garantizar la seguridad



El uso de drones permite identificar alteraciones hidrotermales, óxidos, humedad, composición mineralógica y patrones geológicos que no son visibles mediante cámaras tradicionales.

pública y el desarrollo sostenible a largo plazo", argumenta Álvarez.

Pero a la ciencia básica se suman tecnologías que facilitan el levantamiento de información, especialmente, en zonas de difícil acceso. LiDAR, por ejemplo, permite capturar información tridimensional de alta densidad y precisión, incluso

en entornos complejos como faenas mineras, relaves o áreas sin acceso. "Esto posibilita generar modelos digitales de terreno mucho más completos, incluyendo superficies que antes eran difíciles de medir con métodos convencionales", comenta Patricio Toledo, *technical & execution director* de Arcadis Chile & Perú.

Según el ejecutivo, los drones de alta precisión facilitan la captura de grandes volúmenes de datos en menor tiempo y con menos exposición de los equipos profesionales de terreno a condiciones de riesgo. "Esto es especialmente relevante en minería, donde muchas zonas presentan dificultades de acceso o condiciones de seguridad

complejas. Lo anterior no significa que los métodos tradicionales desaparezcan, en muchos casos pueden llegar a ser complementarios", afirma.

EFICIENCIA Y AUTONOMÍA

Los sistemas LiDAR modernos pueden operar mediante técnicas de SLAM (Simultaneous Localization and Mapping), para reconstruir entornos incluso cuando el acceso a GPS es limitado o inexistente. "Esto reduce la dependencia de referencias satelitales externas y permite que vehículos autónomos, robots o drones puedan mapear y navegar en espacios complejos utilizando únicamente percepción local y sensores a bordo", sostiene el Dr. Álvaro Prado, director del Doctorado en Inteligencia Artificial de la Universidad Católica del Norte (UCN) y del proyecto Fondecyt N°11230962.

Equipados con sensores LiDAR, cámaras de alta resolución, sistemas RTK/PPK y plataformas de navegación autónoma, los drones permiten generar modelos tridimensionales del terreno con niveles de alta precisión en tiempos considerablemente menores.

"La incorporación de sensores

térmicos, fotogrametría avanzada y cámaras multispectrales ha ampliado significativamente las capacidades de análisis, permitiendo no solo obtener información geométrica del terreno, sino también caracterizar propiedades físicas y químicas de la superficie minera de forma remota", comenta el investigador de la UCN.

Así, desde la vista aérea se identifican alteraciones hidrotermales, óxidos, humedad, composición mineralógica y patrones geológicos que no son visibles mediante cámaras RGB tradicionales. "Los drones modernos no son únicamente herramientas de captura aérea, sino plataformas autónomas de percepción espacial capaces de generar nubes de puntos densas, ortomosaicos y modelos digitales de elevación con resolución centimétrica y actualización casi en tiempo real", destaca el Dr. Prado.

La integración de inteligencia artificial, técnicas de SLAM y procesamiento automatizado de datos facilita la reconstrucción de entornos completos simultáneamente. Además, esta combinación contribuye a la interpretación de patrones geotécnicos, la detección de deformaciones y la anticipación de condiciones de riesgo operacional.