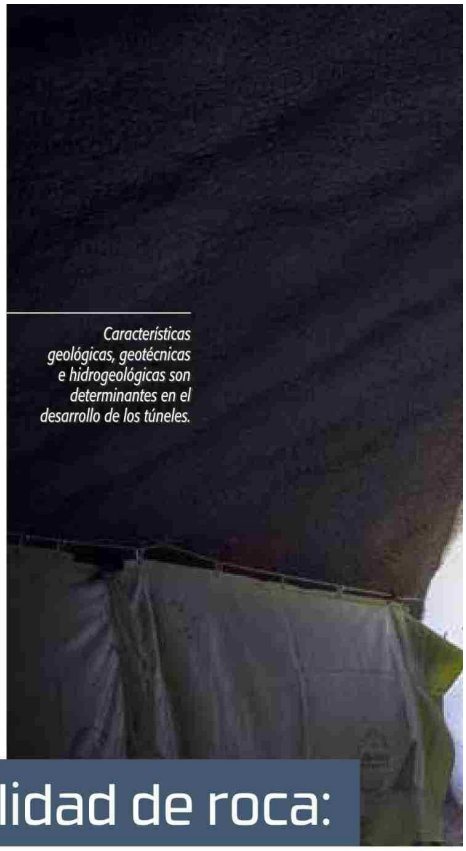
LITORALPRESS

Fecha: 18-07-2025
Medio: Revista Minería Chilena
Supl. : Revista Minería Chilena
Tipo: Noticia general
Título: La planificación como paso previo a la eficiencia

Pág. : 72
Cm2: 518,0

Tiraje: Sin Datos
Lectoría: Sin Datos
Favorabilidad: No Definida

Informe Técnico



Características geológicas, geotécnicas e hidrogeológicas son determinantes en el desarrollo de los túneles.

Geomecánica y estabilidad de roca:

La planificación como previo a la eficiencia

Son diversos los factores que inciden en el desarrollo de la minería subterránea, ante las exigencias que afrontan operaciones cada vez más profundas.

"Desde el punto de vista geomecánico, aspectos como la calidad del macizo rocoso, la orientación de discontinuidades, la presencia de zonas de falla o fracturación intensa, y las condiciones de esfuerzo in situ, son determinantes para definir tanto el método de excavación como el sistema de fortificación. Además, variables hidrogeológicas —como la presencia de agua subterránea— pueden afectar la estabilidad y el diseño del sostenimiento", expresa David Blanco, académico de la Facultad de Ciencias de la Construcción y Ordenamiento Territorial de la Universidad Tecnológica Metropolitana.

"Otro factor crítico es la interacción entre el diseño del túnel y la operación minera en curso. La necesidad de mantener condiciones seguras, garantizar la continuidad operacional y optimizar recursos impone restricciones al diseño del soporte", añade el profesional, quien es además director de Desarrollo Académico de esta casa de estudios.

En ese contexto, Alejandra Villouta, Team Leader Geotechnical de GHD Chile Región, destaca que "la geomecánica desempeña un papel fundamental en la estabilidad del macizo rocoso durante una excavación subterránea, que, al alterar el medio circundante, compuesto por diversas estructuras geológicas, se convierte en un factor relevante para la fortificación. Comprender estos aspectos hace que las especialidades de geología, hidrogeología y geotecnia sean esenciales en el diseño de túneles mineros".

En tanto, Gonzalo Herrera, gerente general de Ischebeck Chile, advierte que "la planificación y ejecución de túneles mineros implica mucho más que excavar, requiere una comprensión detallada del terreno, porque las condiciones geotécnicas son claves para definir el tipo de sostenimiento, la secuencia de trabajo y la tecnología que se va a utilizar".

Y resalta que "la profundidad del túnel y la carga del terreno sobre él influyen directamente en los esfuerzos que se generan y por lo tanto, en el diseño del sistema de fortificación. Además, no se pueden dejar de lado aspectos como la actividad sísmica de la zona, que puede representar un riesgo importante, ni las condiciones propias del proyecto: tiempos de avance, logística, ventilación y el uso eficiente de materiales".

Planificación

Daniel Martínez, subgerente de Proyectos Especiales de CBB, menciona que factores como la calidad y resistencia de la roca, la presencia de humedad y presiones de agua entre otros, inciden directamente en la estrategia de sostenimiento.

En este escenario, "CBB Ready Mix ha consolidado una propuesta de valor basada en soluciones integrales de ingeniería, adaptadas a los requerimientos de cada proyecto. Su enfoque se centra en optimizar la eficiencia constructiva y garantizar la seguridad estructural, integrando no solo el suministro de materiales, sino también un acompañamiento técnico desde las etapas de diseño, planificación y ejecución", agrega.

En tanto, Alejandra Villouta alude al hecho que "los riesgos y características geológicas, geotécnicas e hidrogeológicas son determinantes en el desarrollo de túneles, que se caracterizan por su complejidad e incertidumbre full 3D. Estas obras subterráneas se llevan a cabo bajo condiciones que no se pueden observar con la facilidad de una obra superficial, y donde el terreno circúndate actúa como parte fundamental del revestimiento del túnel, incrementando así la necesidad

El conocimiento del macizo como del método constructivo **son gravitantes, en el objetivo de resguardar la seguridad de la operación.**

LITORALPRESS

Fecha: 18-07-2025
Medio: Revista Minería Chilena
Supl. : Revista Minería Chilena
Tipo: Noticia general
Título: **La planificación como paso previo a la eficiencia**

Pág. : 73
Cm2: 550,3

Tiraje: Sin Datos
Lectoría: Sin Datos
Favorabilidad: No Definida

Foto: Gentileza GHD.

paso

Foto: Gentileza UTEM. Foto: Gentileza GHD. Foto: Gentileza CBB. Foto: Gentileza Ischebeck Chile. Foto: Gentileza Idiem. Foto: Gentileza Symnetics Chile.

de una evaluación precisa de estos factores".

"La definición del método constructivo, la orientación, tipo de sección, las dimensiones, el tipo de fortificación y el programa de construcción de un túnel se determina en función de los estudios de detección de riesgos y una caracterización geológica, geotécnica e hidrogeológica detallada", afirma.

Esto es complementado por Francisco González, jefe de la Unidad Rocas del Idiem, quien advierte que la planificación de túneles mineros "exige una comprensión profunda de las condiciones del terreno y de su comportamiento frente al proceso de excavación".

"No todas las rocas responden igual ante una excavación: algunas presentan alta resistencia y estabilidad, mientras que otras pueden estar fracturadas, alteradas o contener zonas débiles que comprometen su integridad. Las estructuras geológicas también desempeñan un rol crítico, ya que pueden actuar como planos de debilidad o convertirse en vías de ingreso de agua. En este sentido, las condiciones hidrogeológicas son otro elemento determinante. La presencia de agua

De Izq. a Der.: David Blanco, académico de la Universidad Tecnológica Metropolitana.

Alejandra Villouta, Team Leader Geotechnical de GHD Chile Region.

Daniel Martínez, subgerente de Proyectos Especiales de CBB.

Gonzalo Herrera, gerente general de Ischebeck Chile.

Francisco González, jefe de la Unidad Rocas del Idiem.

Samuel Toro, gerente del Negocio de Minería de Symnetics Chile.

LITORALPRESS

Fecha: 18-07-2025
Medio: Revista Minería Chilena
Supl. : Revista Minería Chilena
Tipo: Noticia general
Título: La planificación como paso previo a la eficiencia

Pág. : 74
Cm2: 481,6

Tiraje: Sin Datos
Lectoría: Sin Datos
Favorabilidad: No Definida

CBB en el proyecto Mina Chuquicamata Subterránea.

subterránea puede afectar tanto la estabilidad del terreno como las condiciones de trabajo, especialmente si los materiales pierden resistencia al saturarse o si se generan altas presiones. Además, la profundidad del túnel implica mayores esfuerzos sobre el macizo, lo que puede desencadenar fenómenos como estallidos de roca o deformaciones significativas, sobre todo en minas profundas, como las que actualmente se están desarrollando", comenta.

Factores a considerar

"La minería subterránea enfrenta desafíos cada vez más complejos en materia de seguridad, producto de condiciones geológicas cambiantes y la necesidad de operar con altos estándares de confiabilidad. Este contexto ha motivado una evolución continua en los productos y servicios utilizados para dar soluciones específicas a cada proyecto", afirma Daniel Martínez.

Al respecto, menciona el caso de CBB Ready Mix, que a lo largo de su historia ha desarrollado soluciones de ingeniería que integran productos de alto desempeño, formulados específicamente para responder a estos desafíos:

- Hormigones estructurales optimizados para ciclos rápidos y condiciones exigentes.
- Shotcrete reforzado con fibras, diseñado para mejorar la ductilidad, absorber energía y resistir deformaciones en entornos críticos.
- Hormigones de alta resistencia inicial, que permiten acelerar ciclos de avance y reforzamiento, aumentando la productividad.
- Soluciones móviles, como plantas modulares para faenas remotas o de difícil acceso, capaces de ajustar su producción según las necesidades del proyecto.

En tanto, David Blanco destaca que "a través de sensores inteligentes, instrumentación geotécnica avanzada y sistemas de monitoreo en tiempo real, es posible detectar cambios en las condiciones del macizo rocoso antes de que ocurran fallas críticas".

En una visión similar, Gonzalo Herrera menciona "en Ischebeck valoramos mucho el uso de herramientas modernas que nos permiten anticiparnos a posibles fallas, deformaciones o eventos no deseados. Por ejemplo, promovemos el uso de sistemas de alerta temprana que se pueden configurar por secciones del túnel y que detectan de inmediato cambios como filtraciones, movimientos inusuales o vibraciones. Lo interesante es que estos sistemas pueden activarse automáticamente y poner en marcha protocolos de emergencia, ventilación o evacuación, lo que eleva considerablemente el estándar de seguridad".

Además, gracias a la automatización y el monitoreo remoto, "es posible reducir la exposición del personal a zonas peligrosas. Contar con datos en tiempo real nos permite reaccionar mucho más rápido y de forma más eficiente ante cualquier eventualidad", afirma el gerente general de Ischebeck Chile.

Herramientas

Francisco González hace hincapié en que la tecnología ha transformado la forma en que se monitorea y gestiona la seguridad en túneles mineros: "Hoy es posible identificar fenómenos anómalos con mayor anticipación, lo que permite prevenir incidentes que

> **La necesidad** de mantener condiciones seguras, **garantizar la continuidad operacional y optimizar recursos impone restricciones** al diseño del soporte", David Blanco

LITORALPRESS

Fecha: 18-07-2025
Medio: Revista Minería Chilena
Supl. : Revista Minería Chilena
Tipo: Noticia general
Título: La planificación como paso previo a la eficiencia

Pág. : 75
Cm2: 478,4

Tiraje: Sin Datos
Lectoría: Sin Datos
Favorabilidad: No Definida

podrían afectar a las personas, la infraestructura y la continuidad de las operaciones".

"Actualmente, el monitoreo geotécnico mediante técnicas remotas se ha convertido en una herramienta clave para observar, en tiempo real, cómo responde el terreno frente a la excavación. A través de instrumentos que miden desplazamientos, esfuerzos o presión de agua, es posible detectar señales tempranas de inestabilidad y tomar decisiones informadas para reforzar o ajustar el sostenimiento. En paralelo, el monitoreo sísmico ha cobrado especial relevancia en minería subterránea profunda, ya que permite detectar eventos menores incluso antes de que sean perceptibles en superficie. Esto es particularmente útil para anticiparse a estallidos de roca u otros fenómenos asociados a altos esfuerzos", resalta.

"En definitiva, la tecnología ya no se limita a reaccionar ante situaciones de riesgo, sino que permite anticiparlas. Esta capacidad de previsión es hoy un pilar esencial para una minería subterránea más segura, eficiente y sostenible", recalca González.

Mientas que Samuel Toro, gerente del Negocio de Minería de Symnetics Chile, comenta que "han comprobado que la articulación temprana entre el mandante y los contratistas especializados es un factor determinante del desempeño en este tipo de obras. La industria minera concentra en estos contratos algunos de sus mayores presupuestos, superiores a los US$200 millones anuales en algunos casos, lo que exige una gobernanza técnica y estratégica de alto nivel para asegurar la calidad, los plazos y la productividad de los desarrollos".

Además de relatar que han observado que las operaciones más avanzadas están incorporando soluciones que permiten no sólo reaccionar frente a eventos, sino anticiparlos y mitigarlos proactivamente, destacando dos grandes líneas:

- A través del monitoreo en tiempo real, usando sensores que detectan deformaciones, esfuerzos y movimientos anómalos en el macizo. Esto permite reaccionar con rapidez ante riesgos geotécnicos, siendo clave la integración de estos datos en modelos de control visual para mejorar la gestión de la confiabilidad en desarrollos críticos.
- Con modelos predictivos, especialmente en minería por hundimiento (caving), que permiten anticipar cómo se comportará la roca una vez iniciada la operación. Estas herramientas ayudan a planificar con mayor precisión y a minimizar riesgos para las personas y la continuidad operacional.

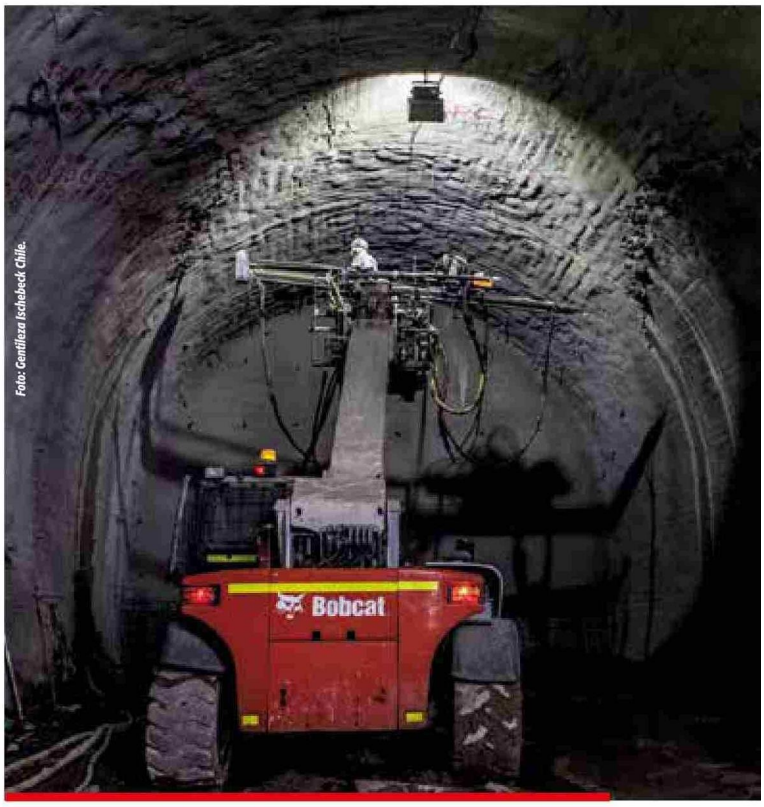


Foto: Gentileza Ischebeck Chile.

La planificación y ejecución de túneles mineros requiere una comprensión detallada del terreno.

> **La profundidad** del túnel y la carga del terreno sobre él **influyen directamente en los esfuerzos que se generan** y por lo tanto, en el diseño del sistema de fortificación", Gonzalo Herrera

"En ambos casos, la clave está en traducir datos técnicos en información útil para la operación. Por eso, una buena práctica que promovemos en Symnetics es el diseño de sistemas de monitoreo alineados con los objetivos estratégicos del proyecto: asegurar continuidad operacional, proteger la vida de las personas y optimizar el ciclo de avance", expresa Toro. mch