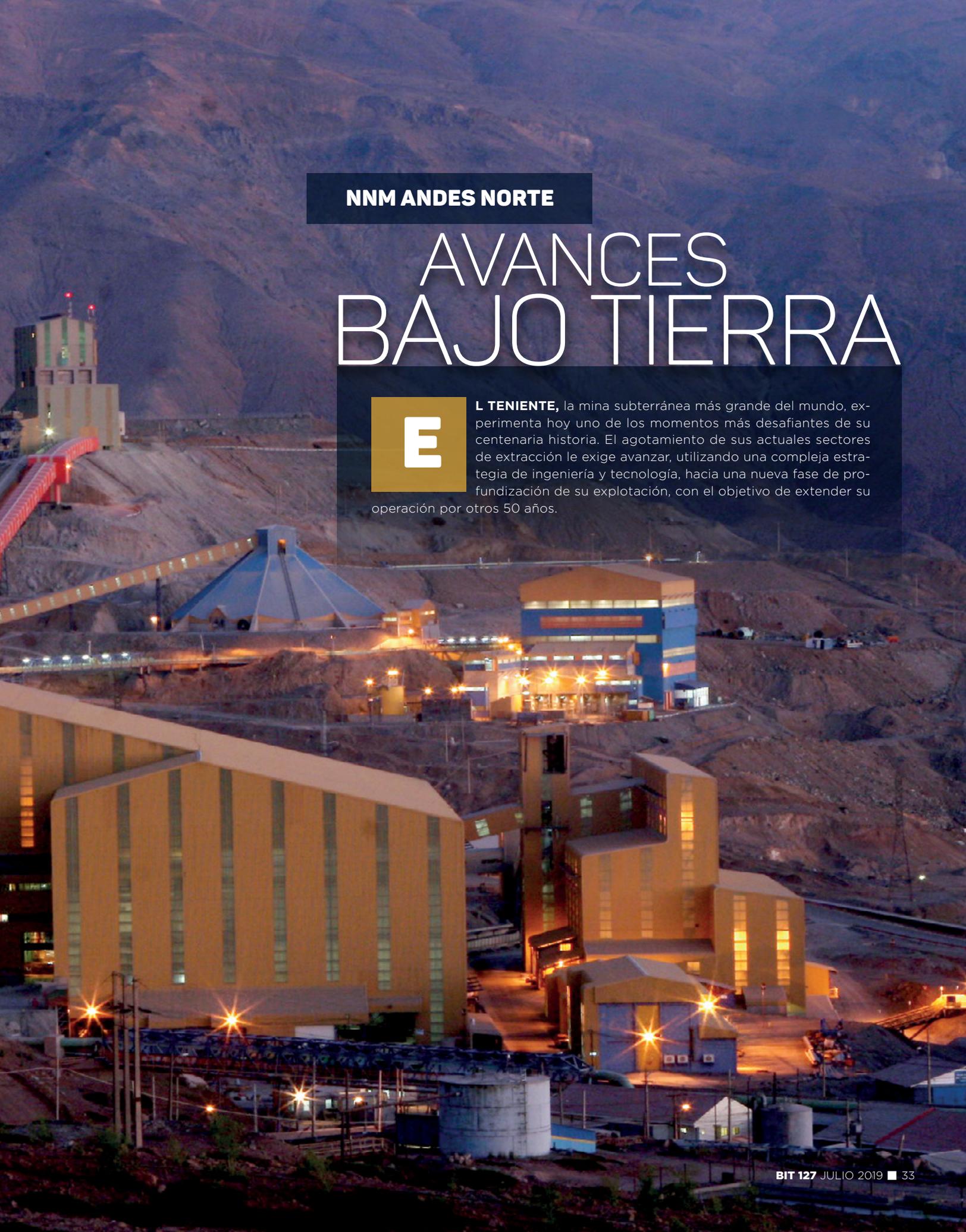


HITO TECNOLÓGICO

- El proyecto de ampliación tiene como objetivo explotar una zona mineralizada, Andes Norte, ubicada a 300 metros por debajo del nivel de explotación actual, lo que extenderá la vida productiva del yacimiento por al menos 50 años.

PAULA CHAPPLE C.
PERIODISTA REVISTA BIT





NNM ANDES NORTE

AVANCES BAJO TIERRA

E

L TENIENTE, la mina subterránea más grande del mundo, experimenta hoy uno de los momentos más desafiantes de su centenaria historia. El agotamiento de sus actuales sectores de extracción le exige avanzar, utilizando una compleja estrategia de ingeniería y tecnología, hacia una nueva fase de profundización de su explotación, con el objetivo de extender su operación por otros 50 años.



Andes Norte es la reconfiguración del Nuevo Nivel Mina (NNM). En el proyecto original su puesta en marcha estaba planificada para el año 2017. “Tuvimos problemas técnicos importantes durante la construcción, que hicieron necesario reconfigurar el proyecto. El concepto original consistía en explotar casi 2 mil millones de toneladas de reserva a una ley de 0,86% de cobre. El sector estaba en la zona profunda de El Teniente, a 300 m bajo la explotación actual, en la cual se emplazaría una cota única en que se distribuía la explotación de mineral en torno a Pipa Braden, señala Pablo Gándara, gerente de Proyecto de Nuevo Nivel Mina (NNM), de la Vicepresidencia de Proyectos (VP) de Codelco.

No es la primera vez que El Teniente debe vencer al macizo rocoso para extraer el mineral. La explotación del yacimiento ha sido difícil desde sus inicios, complejidad que se ha intensificado en las últimas décadas debido a la dureza de su roca, una explotación a mayor profundidad y las condiciones tectónicas donde se emplaza el yacimiento. Por tanto, el desarrollo de NNM, emplazado en la cordillera de los Andes, en una zona de altos esfuerzos, no sería fácil.

El proyecto se desarrolla en una zona topográficamente compleja, ya que se construyen los túneles bajo las quebradas que están en la zona alta de Sewell. La roca está prácticamente en estado crítico constante, desde el punto de vista del desplazamiento.

GEOLOGÍA COMPLEJA

El proyecto se construye dentro de una geología de andesita con estructuras horizontales y discontinuidades rellenas con minerales duros. Es una zona topográficamente compleja, ya que se construyen los túneles bajo las quebradas que están en la zona alta de Sewell. La roca está prácticamente en estado crítico constante, desde el punto de vista del desplazamiento. Constantemente tensada a los esfuerzos de corte, sumado a que existen estructuras subhorizontales presentes en el macizo y al cambio de esfuerzos que genera la minería misma del túnel, lo que en resumen se traduciría en el escenario propicio para concentrar el rompimiento del macizo con alta energía.

Justamente el macizo es el gran protagonista en el devenir del proyecto. Al este de la Pipa Braden y bajo la Cordillera de Los Andes, es donde han existido históricamente las mayores complejidades de explotación. Por lo tanto, "la zona este es un área donde siempre hemos sabido que hay una condición y complejidad mayor", detalla Gándara.

En el caso del NNM, la condición geológica arrojaba algo distinto, que no había sido previsualizado y que apuntaba a la inexistencia de riesgo sísmico y estallidos de rocas en la construcción de los túneles, en la zona oeste del yacimiento, sector por donde pasa la infraestructura de la División. "Nunca nos había pasado que hubiésemos tenido una condición compleja desde el punto de vista constructivo. Y en 2013 tui-

mos el primer gran estallido de roca, de una magnitud de 2.6. Ocurrió saliendo de la Pipa Braden hacia la superficie", recuerda Pablo Gándara.

En 2014 hubo un segundo estallido en la zona del P4600, donde se construyó un túnel directo para poder ir abriendo frentes hacia los túneles principales.

Un tercer evento fue el gran estallido en la zona Cruzado XC-22/23 en 2015, en un túnel de ventilación, al noroeste del yacimiento, nuevamente de alta magnitud 1.9. "Este evento generó un daño mayor, con caídas de bloques y cuñas de 6 m de altura, y daños severos en la construcción del túnel, lo que puso en tela de juicio la constructibilidad del proyecto", comenta Gándara. Luego de este evento la Corporación decidió congelar el proyecto, entrando en una etapa de ralentización.

CONSTRUCTIBILIDAD

Frente a esta dificultad, Codelco, a partir de 2015, en conjunto con la asesoría de expertos de nivel mundial, inició un estudio profundo del macizo rocoso, cuyas conclusiones permitieron establecer soluciones constructivas y realizar una reconfiguración del Nuevo Nivel Mina.



KRINGS CHILE

Solución Integral en Entibaciones Metálicas

- Sistemas de cajones KS-60 (Para bajas profundidades)
- Sistemas de cajones KS-100
- Sistemas con guías deslizantes:
 - Sistema corredera (4-6 metros)
 - Sistema paralelo (5-8 metros)

Sistema esquinero para pozos, cámaras y plantas elevadoras

**RAPIDEZ
SEGURIDAD
EFECTIVIDAD**

Casa Matriz
Flor de Azucenas 42 OF. 21 - Las Condes
Fono: (56 2) 2241 3000 - 2745 5424

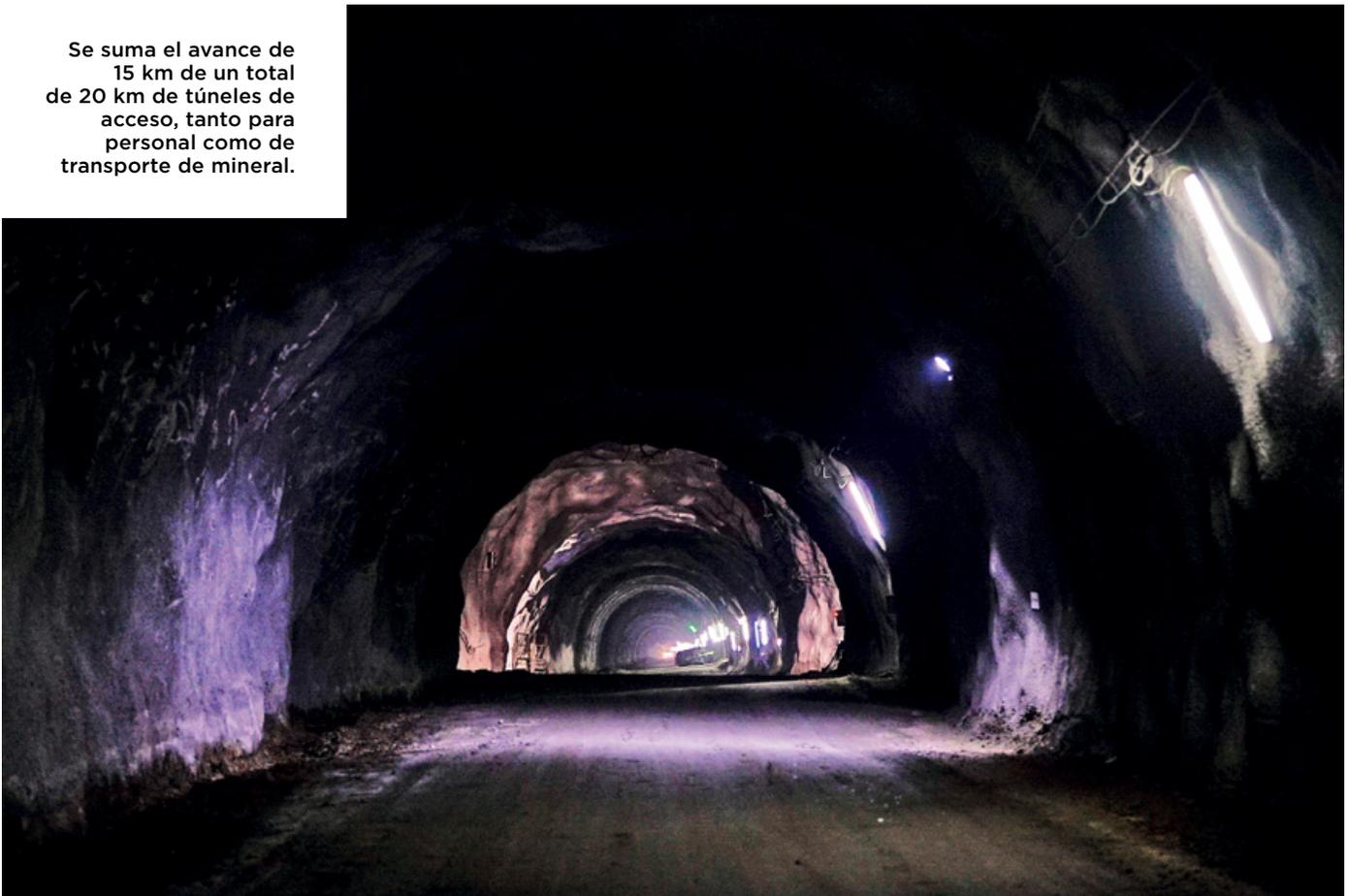
Guillermo Schrebler
gschrebler@krings.cl

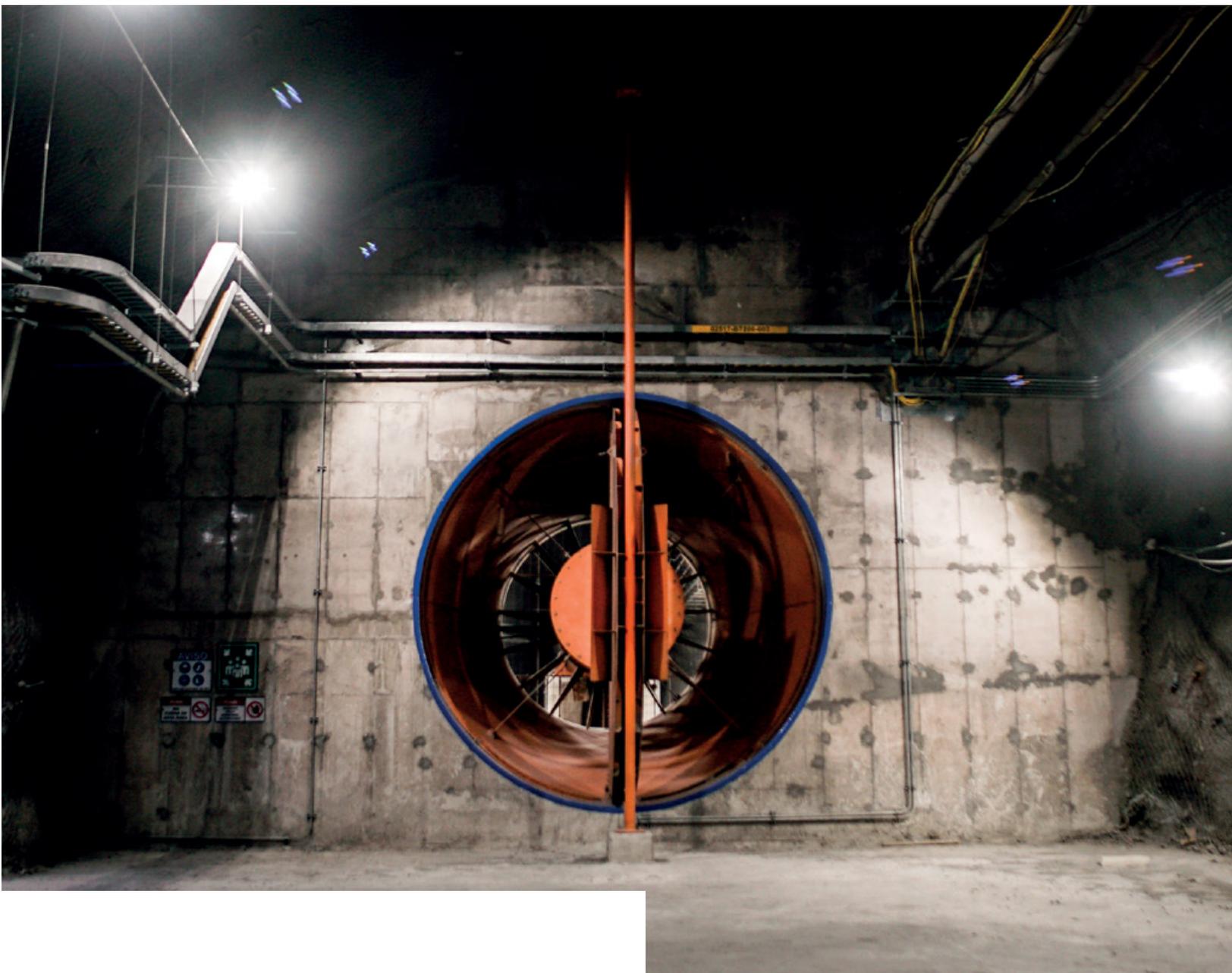
www.krings.cl

A la fecha, el NNM presenta un avance total de 51%, con una inversión aproximada de US\$ 1.920 millones en obras que estarán al servicio del proyecto.



Se suma el avance de 15 km de un total de 20 km de túneles de acceso, tanto para personal como de transporte de mineral.





Entre los nuevos desarrollos destaca el pre-acondicionamiento aplicado a túneles a través del hidrofracturamiento, técnica usada desde hace más de 10 años en El Teniente para preparar la explotación de roca dura.



Entre los nuevos desarrollos destaca el pre-acondicionamiento aplicado a túneles a través del hidrofracturamiento. “Esta técnica se usa desde hace más de 10 años en El Teniente para preparar la explotación de roca dura, creando fracturas con agua a presión de forma masiva para controlar la sismicidad en la mina. Ahora, por primera vez en la historia de la minería mundial, se está utilizando este método para pre-acondicionar túneles”, comenta Gándara.

A nivel masivo se está utilizando el hidrofracturamiento típico, en que se perforan pozos de 100 metros de altura, distancia suficiente que se considera necesaria para no tener eventos de magnitud alta, cercanos a los niveles donde hay gente. Se van colocando fracturas artificiales con inyección de agua a alta presión, generando un cambio en la condición del macizo rocoso.

“Aplicamos este diseño en el túnel de acceso principal, en base a una dupla de pozos de hidrofracturamiento en 300 metros de profundidad. Para el túnel de ventilación, en tanto, hicimos un diseño distinto a modo de una hilera de pozos de hi-

Los Boltec's son equipos para fortificación mecanizada con postura de pernos y malla, con dos brazos: uno principal, que permite controlar la perforación y posterior colocación de pernos helicoidales con inyección de lechada, y el segundo auxiliar para controlar la manipulación de la malla eslabonada en rollo de alta resistencia.



drofracturamiento y por el medio va la traza del túnel”, detalla Gándara.

A esto se sumó la aplicación de la técnica complementaria conocida como Destressing Blast, utilizada por el hidrofracturamiento, que tiene un objetivo similar desde el punto de controlar el riesgo sísmico, pero que se aplica en condiciones diferentes, por ejemplo, en la frente misma del túnel.

Otra innovación por parte de Codelco, es la aplicación de un nuevo estándar de fortificación de túneles, con aumentos en la capacidad de resistencia de la fortificación a niveles inéditos en la minería chilena (perno, malla, shotcrete y refortificación con perno cable y malla adicional) para minimizar las consecuencias de un evento sísmico. La capacidad de absorción de esta fortificación nueva es de alta capacidad, la cual, en magnitud debiese resistir hasta un evento de magnitud 2.0.

El tercer componente para la constructibilidad fue la remotización de equipos. “Trajimos equipos Boltec (ver recuadro) para sa-

car a los operadores de las tareas más críticas, una de ellas la instalación de la fortificación primaria en la construcción del túnel. Estos equipos colocan la malla, el perno, lechan e instalan la fortificación primaria para poder ingresar con un nivel de seguridad mayor. Esto se transformó en un estándar del proyecto”, complementa Gándara.

En la actualidad, las obras de construcción de túneles han sumado equipos robotizados de extracción de marina, “junto con ello, estamos a un paso de dar un salto tecnológico para que el acuñador pase a ser 100% remotizado”, indica Pablo Gándara.

Dichas aplicaciones desembocaron que, en diciembre de 2017, “los 300 metros de túneles en los cuales habíamos tenido estallidos de roca, se lograron conectar por ambos lados en base a hidrofracturamiento y fortificación. Esto es un hito importante. Con esos resultados, el NNM retoma su futuro, a través de un nuevo plan de explotación”, detalla el ejecutivo de Codelco.

EXPLORACIÓN

Los sectores actuales de explotación se ubican sobre la cota Teniente 8, el nivel más profundo de la División, por donde pasan los trenes que acarrear el mineral hacia la planta concentradora. El NNM está bajo la cota Teniente 8 (cota 1.880), es decir, 100 metros por debajo. Por lo tanto, para disminuir el riesgo al plan, se decide colocar dos niveles intermedios de explotación, que están en la cota Teniente 7: Andesita y Diamante, que acompañan la primera explotación de la bajada de NNM, conocida como Andes Norte. El año 2030 debiese iniciar la segunda fase de NNM hacia el Sur, que se conoce como Andes Sur. Estos secto-

EQUIPOS PARA FORTIFICACIÓN

Una veintena de equipos Epiroc para fortificación mecanizada con pernos y cables se incorporaron al Proyecto Estructural Andes Norte. En total son siete cableadores totalmente mecanizados modelos Cabletec L y M, y trece empernadores modelos Boltec S, M y E, que otorgan una mayor seguridad a las operaciones subterráneas dado que permiten reducir la exposición de personas durante la construcción de túneles.

Los Cabletec's son equipos de fortificación mecanizada con postura de cable optimizados para secciones de túneles medianos y grandes, que facilitan las operaciones dados sus dos brazos destinados a la perforación y la instalación del cable más la inyección de lechada. El equipo está optimizado para perfiles de túnel de tamaño mediano a grande desde 4,5 m x 4,5 m, hasta una altura de alcance máximo del brazo de 8 metros.

En tanto, los Boltec's son equipos para fortificación mecanizada con postura de pernos y malla, con dos brazos: uno principal, que permite controlar la perforación y posterior colocación de pernos helicoidales con inyección de lechada, y el segundo auxiliar para controlar la manipulación de la malla eslabonada en rollo de alta resistencia.





DETALLES DEL
PROYECTO Y
OPERACIÓN



RECORRE
LA OBRA

res son más pequeños, de menor riesgo, que maximizan la utilización de la infraestructura actual y, por lo tanto, cumplen el requisito de reducir el riesgo al plan minero. No obstante, el desafío global para la Corporación será mantener la continuidad operacional de la división con una producción superior a las 400 mil toneladas de cobre fino anuales.

A la fecha, el NNM presenta un avance total de 51%, con una inversión aproximada de US\$ 1.920 millones en obras que estarán al servicio del proyecto: infraestructura eléctrica (100% avance, esto es hasta la Subestación Sewell y cerrando la conexión con Interior Mina Actual), túneles de ventilación (100% avance con 2 túneles de 2.200 metros cada uno) y desarrollo de la mina propiamente tal (47% avance con 24 mil de 50 mil metros de desarrollos horizontales). Se suma el avance de 15 km de un total de 20 km de túneles de acceso, tanto para personal como de transporte de mineral. Un gigante bajo tierra. ■



Una veintena de equipos Epiroc para fortificación mecanizada con pernos y cables se incorporaron al Proyecto. En total son siete cableadores totalmente mecanizados modelos Cabletec (en la imagen) L y M, y trece empernadores modelos Boltec S.