

Chuquicamata se interna en las profundidades

Patricia Avaria R.

El proyecto contempla iniciar sus operaciones el año 2018 y luego viene un ramp up de aproximadamente 7 años, para alcanzar su régimen productivo de 140 mil toneladas por día.

La construcción del proyecto comprende cuatro niveles de producción, un túnel de acceso principal de 7,5 km de longitud, 9,3 m de ancho y 6,2 m de alto; un túnel de transporte de 6,5 km de longitud, entre otras obras constructivas.

Para la ventilación de la mina, se han planificado cinco túneles de inyección de aire limpio y cinco de extracción de aire contaminado de aproximadamente 4,3 km, con pendientes entre los 8 y 15 por ciento.

CON UNA INVERSIÓN TOTAL del orden de US\$ 4.000 millones, un máximo de 2.700 trabajadores y 1.021 kilómetros de túneles, piques y chimeneas de ventilación, surge Chuquicamata Subterránea. Un proyecto emblemático que busca transformar la mina de rajo abierto más grande del mundo en una gigantesca operación subterránea, moderna y eficiente, que permitirá explotar los recursos bajo el actual rajo de Chuquicamata.

Este es un proyecto estructural que la Corporación Nacional del Cobre (Codelco) tiene en carpeta y representa parte importante de su proyección a futuro. Con un inicio de operación proyectado para el año 2018, se busca que la mina subterránea en régimen genere 140.000 toneladas de mineral por día (tpd), lo que significará una producción anual de 340.000 toneladas de cobre fino y más de 18.000 toneladas de molibdeno fino.

La mina a rajo abierto de Chuquicamata lleva casi cien años de explotación y en los últimos 12 años se han realizado labores de exploración geológica (más de 15 kilómetros de túneles y 170 kilómetros de sondajes), para dar vida al proyecto subterráneo, convirtiéndose en una de las principales fuentes de recursos económicos del país. Así, bajo el rajo

de Chuquicamata se han cuantificado cerca de 1.760 millones de toneladas en reservas de mineral de cobre (ley 0,71%) y molibdeno (502 ppm), que representan más de 60% de lo explotado en los últimos noventa años.

Patricio Adriasola, gerente de Desarrollo Minería Subterránea de la División Chuquicamata, explica a Revista Construcción Minera que el método de explotación "considera que el mineral sea cargado mediante equipos semiautónomos de carga, transporte y descarga (LHD, por su sigla en inglés); pasando por un proceso de chancado primario y posteriormente, transportado a la concentradora ubicada en superficie, a través de cintas transportadoras. Requerirá durante toda su vida útil la construcción de más de 1.000 kilómetros de túneles y una gran cantidad de obras civiles e infraestructura".

Actualmente, el proyecto está finalizando la etapa de ingeniería de factibilidad a cargo de la empresa Hatch, que corresponde a la ingeniería básica del proyecto. Asimismo, se está trabajando en la construcción de las obras tempranas, que pertenecen a la infraestructura principal. "Están todos los contratos adjudicados y avanzando de acuerdo al programa de construcción", asegura Adriasola.

GERENCIAMIENTO DE PROYECTO: PRIMER PASO

La compañía Hatch fue la encargada por Codelco para realizar los procesos de ingeniería básica. Es decir, desarrollar in-



FOTOS GENTILEZA DE CODELCO

tegralmente el concepto definido en la etapa de prefactibilidad del proyecto Chuquicamata Subterránea, relativo a las obras de infraestructura permanente inicial, lo que significa túneles de acceso principal, transporte de mineral, inyección de aire, obras en el interior de la mina y obras de apoyo en superficie.

Por otra parte, se encuentra el proyecto minero propiamente tal y referido a la unidad de explotación, con todos sus niveles e infraestructura asociada a ésta. Y finalmente, la infraestructura permanente, tanto subterránea como de superficie, donde destaca el manejo de minerales y la ventilación de la mina, más todos los servicios y suministros requeridos para la operación.

Según el director general de Operaciones para Sudamérica de Hatch, Fernando Vivanco, “el desarrollo del concepto emanado de etapas anteriores, permite emplear y concebir diseños que, integrando múltiples disciplinas, posibilitan calcular con una alta precisión el costo de capital del proyecto, la programación y el tiempo de duración de las obras y su puesta en marcha, el costo de operación de la mina, su capacidad productiva expresada en planes de producción de mediano y largo plazo, y la factibilidad de hacerlos construibles, operables y sustentables”.

De acuerdo a las temáticas que se estudian en el proceso de ingeniería básica, Fernando Vivanco, explica que el objetivo es conjugar una serie de disciplinas tales como: minería,

Chuquicamata Subterránea ya tiene aprobada una inversión de

US\$ 870 MILLONES.

Una vez terminada la etapa de factibilidad, debería sumársele recursos del

US\$ 3.000 MILLONES.

geotecnia y geomecánica, mecánica, civil, estructural, arquitectura, electricidad, instrumentación y comunicaciones, piping, riesgos, eficiencia energética, constructibilidad, mantenibilidad, sustentabilidad, estimaciones de costos y programación.

La integración de estas disciplinas asociadas a la explotación a gran escala de una mina subterránea, se aplica a diversos aspectos tales como: disposición espacial de excavaciones, estabilidad, construcciones mineras, selección de equipos, automatización de operaciones, logística, abastecimiento de agua industrial, potable, contra incendio y drenaje de la mina, abastecimiento de energía eléctrica, sistemas de comunicaciones, obras civiles, montaje electromecánico de sistemas, talleres de mantención electromecánica, oficinas, comedores, polvorines y bodegas en interior de la mina, en superficie y operaciones unitarias propias de la explotación minera, donde destaca la perforación, tronadura, carguío de mineral, su transporte y chancado primario.

La ingeniería básica del proyecto Chuquicamata Subterránea se realizó en un periodo de 38 meses. Ésta contempló dos etapas. La primera, desde noviembre de 2009 hasta mayo de 2011, consistió en realizar la ingeniería básica de las obras de infraestructura inicial de la mina. Estas consideraron los túneles de acceso principal, transporte de mineral, inyección de aire, obras en el interior de la mina y obras de apoyo en superficie. En la segunda fase, entre junio de 2011

FICHA TÉCNICA

CHUQUICAMATA SUBTERRÁNEA

MANDANTE:

Codelco.

UBICACIÓN:

Instalaciones industriales de División Chuquicamata, comuna de Calama, provincia de El Loa, II Región de Antofagasta.

INVERSIÓN TOTAL**ESTIMADA:**

US\$ 4.000 millones.

INVERSIÓN PARA LA**ETAPA EN CURSO:**

US\$ 870 millones.

INGENIERÍA BÁSICA:

Hatch.

ETAPA ACTUAL:

Factibilidad y ejecución de obras tempranas.

FECHA ESTIMADA**DE TÉRMINO DEL****PROYECTO:**

Fines de 2018.



y diciembre de 2012, se llevó a cabo la ingeniería básica del proyecto minero propiamente tal, su infraestructura permanente, servicios y suministros, sustentabilidad y evaluaciones económicas.

Finalmente, Vivanco expresa que Hatch ha comenzado la ejecución de la ingeniería de enlace y confía en ser “un actor principal de la ingeniería de detalle”. Para ello cuenta con “una sólida organización, profesionales de excelencia y sistemas de apoyo que han demostrado eficiencia en términos de agregar valor al objetivo buscado por Codelco”.

DISEÑO

El proyecto, ubicado a 15 km al norte de Calama, considera la explotación por medio de macro bloques, a través del proceso de extracción block caving (método masivo de producción subterránea que utiliza la fuerza de gravedad para la extracción, debilitando la base del bloque para provocar su hundimiento o desplome, y de esta forma, recuperar el mineral).

De acuerdo a Patricio Adriasola, el proceso comprende “cuatro niveles de producción, un túnel de acceso principal de 7,5 km de longitud, 9,3 m de ancho y 6,2 m de alto; un túnel de transporte de 6,5 km de longitud, 8,7 m de ancho y 5,9 m de alto; cinco rampas de inyección de aire de aire fresco de 5 km de longitud, y dos piques de extracción de aire de mil metros de profundidad y 11 m de diámetro libre, entre muchas otras obras que implicarán construir, entre 2011 y 2019, desarrollos horizontales y verticales con un total de 121 kilómetros. Los desarrollos a lo largo de todo el proyecto llegarán a más de mil kilómetros”.

Codelco asignó a la empresa contratista Claro-Vicuña para la ejecución de los trabajos de movimientos de tierra.

Además, el gerente explica que “tendrá características que la harán única a nivel mundial, como por ejemplo, el sistema de transporte principal por correa de 6,5 km de longitud y 15% de pendiente, con 45 MW de potencia instalada, por donde se extraerá el mineral a la superficie”.

En el diseño de los túneles se considerarán galerías de conexión peatonal, las cuales estarán destinadas exclusivamente al traslado de personal en caso de emergencia desde el túnel de acceso al de transporte, y viceversa. El túnel de transporte principal de mineral es de 8,7 x 5,9 m de sección terminada libre y 6.248 m de longitud, con pendiente descendente de 15%.

Como criterio de diseño, la sección del túnel deberá presentar un contorno lo más continuo posible, evitando vértices o puntos singulares que puedan generar concentración de tensiones. El ancho mínimo de la calzada será de 3,5 metros.

OBRAS DE INFRAESTRUCTURA SUBTERRÁNEA

Dos son los tipos de infraestructura que requiere la operación de la mina. Como explica el presidente del Comité de Túneles y Espacios Subterráneos (CTES-Chile) y gerente general de Geoconsult Latinoamérica, Alexandre Gomes, “se requieren obras de infraestructura tanto de carácter temporal como permanente. Las primeras corresponden a aquellas que sustentarán la operación durante toda la vida útil del proyecto, mientras que las segundas apoyarán la operación solo para el nivel que han sido construidas, por lo que son transitorias y se desmantelan en la medida que el nivel de explotación respectivo se agota y deja de operar”.

Gomes agrega que “la infraestructura permanente estará constituida por obras en superficie, tales como son los portales y brocales de túneles y piques, campamentos y demás obras anexas; así como por obras de carácter subterráneo, las que conectarán la mina subterránea con la superficie, cumpliendo funciones como generar el acceso a la mina, permitir el transporte de mineral desde la mina hacia la planta de procesamiento, inyectar aire fresco y extraer el contaminado (sistema de ventilación), entre otras”.

De acuerdo a las funciones y características de estas obras subterráneas, el gerente general de Geoconsult Latinoamérica, señala que “el túnel de acceso principal conectará la superficie al nivel de producción, y estará habilitado para el transporte de personal hasta el barrio industrial subterráneo, además de tránsito para camiones con insumos, maquinarias, instalaciones y vehículos menores”.

Para la ventilación de la mina, se han planificado cinco túneles de inyección de aire limpio y cinco de extracción de aire contaminado de aproximadamente 4,3 km cada, con pendientes entre los 8 y 15%, interconectados por varias chimeneas e incluyendo, en el caso del sistema de extracción, piques de 11 m de diámetro y 970 m de profundidad.

La geología del sector corresponde fundamentalmente a rocas intrusivas y meta-plutónicas del complejo montañoso de Chuquicamata, así como las respectivas alteraciones hidrotermales.

“La excavación de los túneles será ejecutada mayormente desde la superficie, con algunos tramos que serán excavados también desde el interior del “pit” o rajo abierto. Para la cons-

40%
DE LA PRODUCCIÓN

de Codelco hoy se realiza en faenas subterráneas. La cifra se incrementará a un 60% con Chuquicamata Subterránea y nuevos yacimientos.

trucción de los túneles, se ha decidido generalmente por el método de perforación y tronadura (D&B), con consideración de técnicas y equipos de última generación, de modo de lograr alta calidad y rendimientos de avance. Entre estas técnicas, se destacan el diseño de diagrama de disparo optimizados, equipos de perforación automatizados, extracción de marinas con pala Shaft, camiones de marina de alta tonelaje, uso de emulsiones en las tronaduras, controles de daños y vibraciones, ventilación, entre otros. Se estima que la excavación de los túneles se dará en condiciones geotécnicas mayormente regulares a buenas, pero se esperan también zonas con condiciones más desfavorables, donde la roca fue afectada por lixiviación y meteorización, con diferentes grados de alteración”, explica Gomes.

Durante la construcción, “no están pronosticadas infiltraciones importantes de agua subterránea, lo que es positivo. Por otro lado, la posible presencia de sulfatos y otros metales en eventuales aguas subterráneas, probablemente derivados de los procesos químicos, es un aspecto a ser monitoreado, dado que ésta puede afectar negativamente la durabilidad de las obras. Otro aspecto destacado del proyecto, corresponde a la condición de esfuerzos del macizo rocoso, dado que el recubrimiento de roca de algunos de los túneles superará los 1.250 m en sus tramos más profundos”, aclara Alexandre Gomes.

TECNOLOGÍA DE PUNTA

En este mega proyecto, la tecnología juega un rol clave, especialmente en el tema de seguridad y productividad. Así por ejemplo, se introducirán altos niveles de automatización,



GEOCONSULT

40 años, 4.000 proyectos en más de 50 países

LÍDER EN CONSULTORÍA ESPECIALIZADA EN INGENIERÍA, GEOLOGÍA, GEOTECNIA



EN CHILE

Av. Andrés Bello 2777, Of. 502
Las Condes, Santiago
Fono: (56 2) 2651 2100

Email: office@geoconsult.cl

Chile: www.geoconsult.cl

Austria: www.geoconsult.eu

INGENIERÍA DE TÚNELES Y CAVERNAS

- Túneles Civiles y Mineros
- Túneles con Métodos Convencionales y Mecanizados (TBM / EPB)
- Cavernas y Piques
- Estudios de Constructibilidad

GEOLOGÍA, GEOTECNIA & GEOMECÁNICA

- Investigaciones, Prospecciones Geotécnicas y Geofísica
- Mecánica de Suelos y de Rocas
- Fundaciones y Contención / Protección de Taludes
- Interpretación de Monitoreo Geotécnico
- Modelaciones Numéricas 2D y 3D

OBRAS CIVILES Y MINERAS

- Minería y Explotación
- Presas, Canales y Obras de Aducción
- Supervisión, Ingeniería de Terreno e Inspección Técnica
- Diseño Estructural, Vial, Eléctrico e Hidráulico



DIVISIÓN CHUQUICAMATA

La mina de Chuquicamata actualmente es una mina de cobre a rajo abierto. Ubicada a 15 km al norte de Calama y a 245 km de Antofagasta. Considerada la más grande del mundo en cuanto a sus dimensiones, Chuquicamata es administrada por la empresa estatal Codelco. La mina posee una forma elíptica, con 5 km de longitud, 3,5 km de ancho y 1 km de profundidad.



como la utilización de scoops (LHD o cargadores de bajo perfil) y perforadoras autónomas. Desde el Centro Integrado de Operación y Gestión, que se encontrará en la superficie de las inmediaciones de la mina, se controlarán los equipos LHD semiautónomos y se efectuarán las operaciones telecomandadas a control remoto, lo que significará que habrá menos mano de obra, porque una persona puede controlar a más de un equipo en forma remota, lo que permitirá a los trabajadores estar menos expuestos a los riesgos de la mina subterránea.

Como afirma Patricio Adriasola, “las empresas que participan en la construcción del proyecto, están utilizando las tecnologías y equipos de última generación actualmente presentes en el mercado mundial. Así, por ejemplo se están usando jumbos de perforación computarizados de hasta tres brazos y con motor diésel-hidráulico, equipos de carga de material continuos, entre otros”.

Hasta el momento, en el proyecto se ha considerado metodologías convencionales para la construcción de túneles. “Sin embargo, con la Gerencia de Tecnología e Innovación de la Casa Matriz de Codelco, se está revisando la factibilidad técnico-económica de usar máquinas tuneladoras continuas (son grandes taladros que no requieren perforación ni tronadura para hacer los túneles) para el desarrollo de algunos túneles de inyección de aire”, dice Adriasola.

También, se “está trabajando junto con un proveedor alemán en el diseño de un prototipo de máquina tuneladora de pequeñas dimensiones (para el desarrollo de galerías de producción de 4,6 x 3,8 metros que permite hacer túneles con radios de curvatura menor al de las tuneladoras tradicionales), con tres cabezales móviles, especialmente concebida para el desarrollo de galerías de producción”, explica el gerente de

Actualmente, se está finalizando la etapa de ingeniería de factibilidad a cargo de la empresa Hatch, que corresponde a la ingeniería básica del proyecto.

97%

REDUCIRÁ
Chuquicamata
subterránea la
emisión de material
particulado.



NUEVO PROYECTO A RAJO ABIERTO

La Comisión Regional Medio Ambiental de Antofagasta, aprobó el proyecto Quetena de Codelco Chuquicamata.

La iniciativa contempla la explotación a rajo abierto que producirá 62 mil toneladas de cobre fino al año y que requiere una inversión de US\$ 244 millones. Se proyecta que entre en operaciones a comienzos de 2015.

Se trata de un proyecto que es clave para la continuidad operacional de Chuquicamata, mina que está en la última etapa de explotación a cielo abierto para pasar a minería subterránea, lo que debería ocurrir a fines de la presente década.



TÚNEL DE ACCESO

7,5 km de longitud

9,3 m de ancho

**6,2 m de altura
mide el túnel
de acceso.**



El ministro de Minería, Hernán de Solminihac y el presidente ejecutivo de Codelco, Thomas Keller, junto a los mineros de la División Chuquicamata en la primera tronadura realizada en el año 2012.



PRIMERA TRONADURA

Para Sergio Fuentes, vicepresidente de Proyectos de Codelco, la primera tronadura realizada e inaugurada por el Presidente Sebastián Piñera el 6 de julio de 2012, marcó un hito significativo, ya que “este país ha demostrado que es posible construir una operación subterránea bajo el rajo más grande del mundo”.

Fuentes destaca que la importancia de este proyecto estructural es que aportará con cerca del 25% de producción de cobre fino, que hay que reponer como consecuencia del agotamiento de las operaciones actuales. “Por lo tanto, es tremendamente relevante este hito en el mediano plazo para asegurar, al menos, la producción que hoy hacemos de cobre anualmente”, expresa.

En tanto, el ministro de Minería, Hernán de Solminihac, calificó este hito como “un día histórico para la minería nacional, dando inicio a Chuquicamata Subterránea, yacimiento que ha servido por más de cien años al país. Hoy estamos en condiciones de pasar a una segunda etapa que augura cincuenta años de producción adicional”. (Chuquicamata inició sus operaciones en 1915)

Para Thomas Keller, presidente ejecutivo de Codelco, el proyecto Chuquicamata Subterránea es “uno de los sólidos pilares sobre los cuales estamos basando la historia futura de la Corporación. De tal manera que, igual que en los últimos cuarenta años, Codelco sea la mayor empresa que aporta al país”.



Desarrollo Minería Subterránea de la División Chuquicamata.

Además, la empresa estatal para el proyecto asignó a la firma contratista Claro-Vicuña para la ejecución de los trabajos de movimientos de tierra.

MEDIO AMBIENTE Y SEGURIDAD

El proyecto tiene aprobada su Declaración de Impacto Ambiental (DIA) y mejora radicalmente las condiciones de la operación en aspectos tales como emisión de material particulado (los que se reducirán en un 97%), manejo de botaderos de estéril (procedentes de explotaciones, ya sean de cielo abierto o subterráneas) y recirculación completa de residuos líquidos. La Resolución de Calificación Ambiental (RCA) para la Declaración de Impacto Ambiental, fue obtenida el primero de octubre de 2010.

Con respecto a la seguridad, el gerente agrega que “la mina subterránea contará con los mejores estándares en seguridad y salud ocupacional de la industria minera a nivel

mundial, al igual que en los aspectos de innovación, ya que incorporará las mejores tecnologías, por ejemplo LHD semiautónomos, martillos a control remoto, entre otras que actualmente están presentes en el mercado”. En este aspecto, todas las operaciones y equipos críticos serán monitoreados y controlados a distancia, y en tiempo real, desde el centro de operaciones de la mina.

Por otro lado, debido a que Chile es un país con actividad sísmica, el gerente declara que “todos los diseños de la mina subterránea consideran esta variable, de modo que un sismo de gran magnitud no debiera tener consecuencias en las construcciones o instalaciones”.

Para finalizar, Adriasola afirma que “la construcción y puesta en marcha de Chuquicamata Subterránea nos brinda un gran desafío técnico en todos los ámbitos operacionales. Con posterioridad a la etapa de construcción de siete años, se requiere de un ramp up (corresponde a un período de incrementos progresivos de producción, es decir, queda definido por el período comprendido entre el inicio de producción de un macro bloque hasta el momento que alcanza su régimen) de otros siete u ocho años hasta lograr la producción en régimen de 140 mil toneladas por día, lo que sería realizado por primera vez en la minería subterránea mundial. Otro desafío será la coexistencia de ambas minas, rajo y subterránea, durante un año de operación, lo que se debe realizar sin afectar los programas de producción”.

De acuerdo a sus grandes dimensiones y procesos constructivos, Revista Construcción Minera en sus próximas ediciones continuará informando sobre este mega proyecto de Codelco. //