

CATÁLOGO DE GRANDES OBRAS DE **CONSTRUCCIÓN PARA MINERÍA EN CHILE**  
*CATALOG: LARGE SCALE CONSTRUCTION PROJECTS FOR **THE CHILEAN MINING INDUSTRY***



## ÍNDICE / TABLE OF CONTENTS

p04 Editorial

Editorial

p06 Presentación

Presentation



p08 Terminal Otway de Mina Invierno / Montaje portuario

Otway Terminal at Invierno Mine / Port set up



p18 Planta Amanecer Solar CAP / Energía limpia en el desierto

Amanecer Solar CAP Plant / Clean Energy in the desert



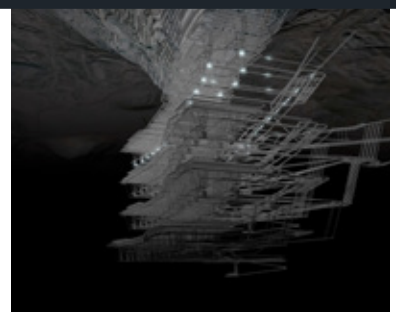
p28 Nuevo Nivel Mina El Teniente / Desde el interior de la Tierra

New Level at El Teniente Mine / From the heart of the Earth

## ÍNDICE / TABLE OF CONTENTS

**Chuquicamata Subterránea** / Desde las profundidades  
**Underground Chuquicamata** / From the depths

p42



**Mina Ministro Hales** / Gigante tecnológico  
**Ministro Hales Mine** / Technological giant

p56



**Conclusiones**  
**Conclusions**

p74

**Mapa Minero Chile 2014**  
**Mining Map, Chile 2014**

p82

## VISIÓN DE LARGO PLAZO

Para emprender y desarrollar cualquier negocio o actividad económica resulta fundamental la confianza. Más aún en el ámbito de la minería, que se caracteriza por proyectos a largo plazo, los que requieren de fuertes inversiones y la concatenación de múltiples actores y escenarios.

A través de los años, nuestro país ha generado confianza, estabilidad y seguridad. Estos elementos son claves para atraer inversión al sector, la que se sustenta en la existencia de una institucionalidad que favorezca la actividad económica y ampare el estado de derecho.

Al ser Chile un país minero, sus autoridades y el sector privado se han preocupado, de forma permanente a lo largo de su historia, de generar las condiciones que sustenten y fortalezcan el factor confianza.

Además, las empresas nacionales han estado a la altura del desafío entregando servicios de primera calidad al sector a través de la construcción, mantención y ejecución de los proyectos mineros.

Prueba de ello es el desarrollo de la actividad, que ha posicionado a nuestro país en los primeros lugares de producción minera a nivel mundial, con presencia de compañías de todas las latitudes y una variada industria de servicios y productos de origen nacional de primer nivel.

Chile es, por tanto, una plaza segura para invertir y desarrollar negocios a largo plazo, y las empresas chilenas son socias de primera calidad para ejecutar emprendimientos tanto a nivel doméstico como en otros países de la región.

No obstante en la actualidad, uno de los aspectos que más inquietan a la industria minera es la pérdida de competitividad, expresada fundamentalmente por un importante aumento de costos y disminución de los niveles de productividad. Pero a pesar de lo anterior, las proyecciones son auspiciosas. Somos un país confiable y esa condición se refleja en el flujo permanente de inversiones que concurren a Chile, en representación de los más importantes consorcios mineros del orbe que han establecido aquí su base de operaciones.

El desafío del sector radica en recuperar la competitividad perdida, manteniendo con firmeza la visión de largo plazo.

### **Jorge Mas Figueroa**

Presidente

Cámara Chilena de la Construcción



## Words from CChC's President

### LONG TERM VISION

*For undergoing and developing any business or economic activity, trust turns out to be fundamental. Even more in the mining area, characterized by long term projects requiring strong investment and concatenation of multiple actors and scenarios.*

*Throughout the years, our country has generated trust, stability and security. These are key elements for drawing investment to the sector, which is supported by the existence of an institution favoring economic activity and sheltering the rule of law.*

*Being Chile a mining country, both its authorities and the private sector have paid attention, permanently throughout history, to generate conditions that promote and strengthen trust.*

*Besides, national enterprises have been up to the challenge, providing top quality services to the sector through construction, maintenance and execution of mining projects.*

*A proof is the activity's development, which has positioned our country among the first places in mining production at a worldwide level, with presence of companies from all latitudes and a varied, top level product and services industry of national origin.*

*Chile is, therefore, a safe place for investing and developing long term business, and Chilean companies are first quality partners for executing projects at a domestic level, as well as in other countries in the region.*

*Nevertheless, currently, one of the aspects disturbing the mining industry the most is loss of competitiveness, mainly expressed by an important increase in costs and a decrease in productivity levels. But, in spite of this, projections are still optimistic. We are a reliable country and such condition is reflected on the permanent flux of investment conveying in Chile, representing mining groups around the globe which have established their operation centers here.*

*The sector's challenge is then recovering lost competitiveness, keeping long term vision firmly.*

**Jorge Mas Figueroa**

*President*

*Chilean Chamber of Construction.*

# Presentación

## RESUMEN EJECUTIVO

La minería constituye una de las principales actividades económicas en muchos países de Sudamérica y Chile no es la excepción. Su dependencia de las condiciones del mercado a nivel internacional y del sector financiero, hacen de este rubro un negocio fluctuante, que hoy enfrenta grandes desafíos para mantener su competitividad, como el aumento de costo de los proyectos, la escasez de agua y los inconvenientes de energía, entre muchos otros.

Estos factores son a los que deben enfrentarse las empresas constructoras cada vez que participan de un proyecto minero, convirtiéndose a través del tiempo en un aliado estratégico para impulsar el fortalecimiento de una industria en la que se basa buena parte de las expectativas de crecimiento del país y, por ende, de todos los chilenos. Ha sido fundamental en este proceso la fuerte capacidad de adaptación que han ido desarrollando frente a los requerimientos específicos de cada proyecto, el alto grado de especialización que han adquirido y los estándares de calidad con los que desarrollan las obras. Todo lo cual redundará en que las empresas mineras puedan enfocarse en su negocio principal, mediante el desarrollo de un modelo que ha ido madurando con el paso de los años.

Si bien el sector minero en Chile es sólido y estable, existen incertidumbres propias del negocio que provocaron que durante los años 2013-2014, se registrara una postergación considerable en la cartera de nuevos proyectos. Para citar un caso, en Chile el 40% de la carpeta de inversiones en minería está en revisión o ha pospuesto su puesta en marcha, correspondiendo esto a una reducción desde los US\$ 110 mil millones, proyectados para los próximos diez años, a US\$ 43,6 mil millones.

Por lo anterior, se hace necesario conocer algunos de los Grandes Proyectos Mineros que serán protagonistas en los próximos años, ya sea porque entraron en operación (entre 2013-2014), por los diseños y tecnologías aplicados en sus procesos, así como por lo que representan para el futuro desarrollo minero del país.

En el presente documento se introducen tres de los proyectos estructurales de la Corporación del Cobre (Codelco): Chuquicamata Subterránea, desarrollo que prevé una tasa de producción en régimen de 140.000 toneladas de mineral por día (tpd), lo que significará una producción de 366.000 toneladas de cobre fino y más de 18.000 toneladas de molibdeno fino al año. Nuevo Nivel Mina El Teniente, que sumará una superficie de 2 millones 050 mil metros cuadrados y asegurando la continuidad operacional de la División; y Ministro Hales, la más joven división de Codelco, logró mover 228 millones de toneladas de material estéril, en plazo y con costos competitivos, altos estándares socio-ambientales e índices de seguridad impecables.

Cabe destacar que en el caso de Codelco, la Ley de Capitalización contempla que el Estado entregue hasta US\$4.000 millones como parte del financiamiento de la cartera de proyectos mineros que la Corporación está desarrollando para los próximos 5 años. Se trata del mayor plan de inversiones de la empresa, que supone más de 23 mil millones de dólares para el período 2014-2018, cuyo objetivo superior es hacerla sustentable en el largo plazo manteniendo el nivel global de producción corporativo, frente a un escenario alternativo sin desarrollo que asegura la pérdida de competitividad en pocos decenios más.

Es así como el 43% de su inversión tiene como primer propósito la reposición de su capacidad productiva, principalmente en sus emblemáticas divisiones Chuquicamata y El Teniente, es decir, mantener en el largo plazo un nivel de producción algo más que lo histórico.

Desde la arista de la minería privada en tanto, se muestra el caso de Minera Invierno con la construcción del Terminal Otway, ubicado en Isla Riesco (Estrecho de Magallanes), obra portuaria diseñada para realizar embarques de carbón a una tasa nominal de hasta tres mil toneladas/hora, en naves de tamaños entre 35.000 y 150.000 toneladas de capacidad.



De Grupo CAP se expone la Planta Amanecer Solar, iniciativa energética que abastecerá el equivalente al 15% de la demanda de minería Cerro Negro Norte. Se estima que en su primer año de funcionamiento, la planta generará 270 GWh de energía limpia anual, lo cual evitará la emisión de 135.000 toneladas de CO<sub>2</sub> anuales.

## COSTOS

El valor de los proyectos sufrió un fuerte aumento de capital en algunos casos y, muchos de ellos, incluso subieron en más de un 50% sus costos. Eso ha obligado a las empresas a revisar sus parámetros de ejecución, como por ejemplo, la ingeniería con la cual están ejecutando sus programas, y también su modelo de negocios. La consigna en los años venideros será cómo recuperar la productividad y competitividad en el contexto internacional.

En línea con lo anterior, y según la Corporación de Bienes de Capital (CBC), entre el segundo y tercer trimestre de 2014 salieron del escenario local grandes iniciativas, a la par que surgieron nuevos proyectos de menor envergadura y con fecha estimada de ejecución durante los últimos años del quinquenio. Durante ese período también hubo cambios en la industria minera, que adecuó su cartera de proyectos ante menores perspectivas de crecimiento para la demanda global y local. A eso se sumó el ajuste en la programación de algunos megaproyectos de generación eléctrica termosolar, fotovoltaica y eólica, y el retraso en el cronograma de algunos proyectos del plan estructural de Codelco.

## EXECUTIVE SUMMARY

Mining constitutes one of the main economic activities in many countries in South America, and Chile is no exception to this. Nevertheless, its dependence on the international market and the conditions of the financial sector makes it a fluctuating business, nowadays facing great challenges for keeping its competitiveness, as well as increases in project costs, water shortage and energy-related inconveniences, among many others.

Such issues are the ones constructing companies must face when engaging in any mining project, making them a strategic ally for encouraging the strengthening of an industry on which lays great part of the country's growth expectations and, hence, of all Chilean people. Fundamental throughout this process, the strong capacity for adapting they have been showing when facing the specific requirements of each project, the high level of specialization acquired and quality standards when carrying out tasks. All of this reaffirming that mining companies can focus on their main business, all by developing a model that has been evolving favorably along time.

Even when the Chilean mining sector is solid and stable, there are uncertainties inherent to the mining business, which provoked a considerable postponement in the new mining projects portfolio during 2013 and 2014. For quoting a case, in Chile 40% of the mining investment portfolio is under revision or its kickoff has been postponed, meaning a reduction from US\$110 thousand million to US\$43.6 thousand million, projected for the next ten years.

Because of this, it is necessary to know some of the Grand Mining Projects playing a lead role in the following years, be it because they started operations (between 2013 and 2014), because of design and technologies applied in their processes, or because of what they represent for the future mining development of the Country.

In the present document, three structural projects of the Copper Corporation

(Codelco) are presented: Underground Chuquicamata, development that predicts a production rate regime of 140,000 tons of mineral per day (tpd), which will mean a production of 366,000 tons of fine copper and over 18,000 tons of fine molybdenum per year. New Mine Level at El Teniente, that will add a 2 million 50 thousand square meters surface and ensure the operational continuity of the Division; and Ministro Hales, the youngest division in Codelco, succeeded in moving 228 million tons in sterile material, before deadline and with competitive costs, with high social-environmental standards and impeccable safety indexes.

It is worth noticing that in Codelco's case, the Capitalization Law contemplates the State to provide up to US\$4,000 million as a part of financing for the mining project portfolio the Corporation is developing for the next 5 years. It is the company's biggest investment plan, supposing over 23 thousand million dollars for 2014-2018, having as an ultimate objective to make it sustainable in the long term, maintaining the global corporative production level, facing an alternative scenario without development that insures loss of competitiveness over the next decades.

It is so that 43% of its investment has as a primary objective recovering its productive capacity, mainly in emblematic divisions such as Chuquicamata and El Teniente, meaning, maintaining a production level above the historical in the long run.

As for the private mining area, we have the case of Minera Invierno with the construction of the Otway Terminal, located on Riesco Island (Magellan Strait), a port work designed for shipping out coal at a nominal rate of up to three thousand tons/hour, in ships ranging sizes between 35,000 and 150,000 tons of capacity.

The Cad Group exposes the Amanecer Solar Plant, an energetic initiative supplying 15% of the Cerro Grande Norte Mining Company's demand. It is estimated that during its first year functioning, the plant

will generate 270 GWh in clean energy annually, avoiding emissions of 135,000 tons of CO<sub>2</sub> per year.

## COSTS

The value of projects suffered a strong capital increase in some cases, and many of them went up even 50% in their costs. That has forced companies to review their execution parameters; for example, engineering with which they have been executing their programs, and their business model as well. The focus in the following years will lay on how to recover productivity and effectiveness within the international context.

Meeting the previous idea, and according to the Capital Goods Corporation (CBC in Spanish), between the second and third trimester of 2014, great initiatives came out in the local scenario, at the same time new less magnitude projects appeared, with an estimated execution date during the last years of the quinquennium.

During that period there were also changes in the mining industry, which fitted its project portfolio to minor growth expectations for the global and local demand. On top of this, the adjustment in programs of some megaprojects of thermo-solar, photovoltaic and wind power electric generation, and the delay in the chronogram of some Codelco's structural plan projects.







## **Terminal Otway de Mina Invierno** ***Otway Terminal at Invierno Mine***

El Terminal Otway se encuentra operativo desde 2013 y ha embarcado más de 6 millones de toneladas de carbón. Gentileza Mina Invierno.  
The Otway Terminal is operational since 2013 and has shipped more than 6 million tons of coal. Courtesy of Invierno Mine.





## Montaje portuario / *Port set up*

- El Terminal Otway, ubicado en Isla Riesco, se encuentra operativo desde 2013, habiéndose embarcado a la fecha poco más de 6 millones de toneladas de carbón.
- *The Otway Terminal, located on Riesco Island (Isla Riesco), is operational since 2013, having shipped a little more than 6 million tons of coal up to the date.*
- Tiene por objetivo el carguío de naves graneleras que transportan carbón sub-bituminoso que actualmente se extrae de Mina Invierno.
- *Its main purpose is to load bulk carriers which transport sub-bituminous coal being currently extracted from the Invierno Mine.*
- La obra tiene una longitud de 411 metros desde la línea de playa hasta el frente de atraque de las naves, sector en el que se encuentran los dos cargadores de barcos, los que permiten la opción de ir llenado 2 bodegas de la nave en forma simultánea.
- *The facility has a length of 411 meters from the beach line to the front of the docking area where there are two ship loaders, allowing to load 2 ship storage rooms simultaneously.*





Con una inversión de US\$120 millones, se construyó el Terminal Otway, el cual fue diseñado para realizar los embarques de carbón a una tasa nominal de hasta tres mil toneladas/hora, en naves de tamaños entre 35.000 y 150.000 toneladas de capacidad.

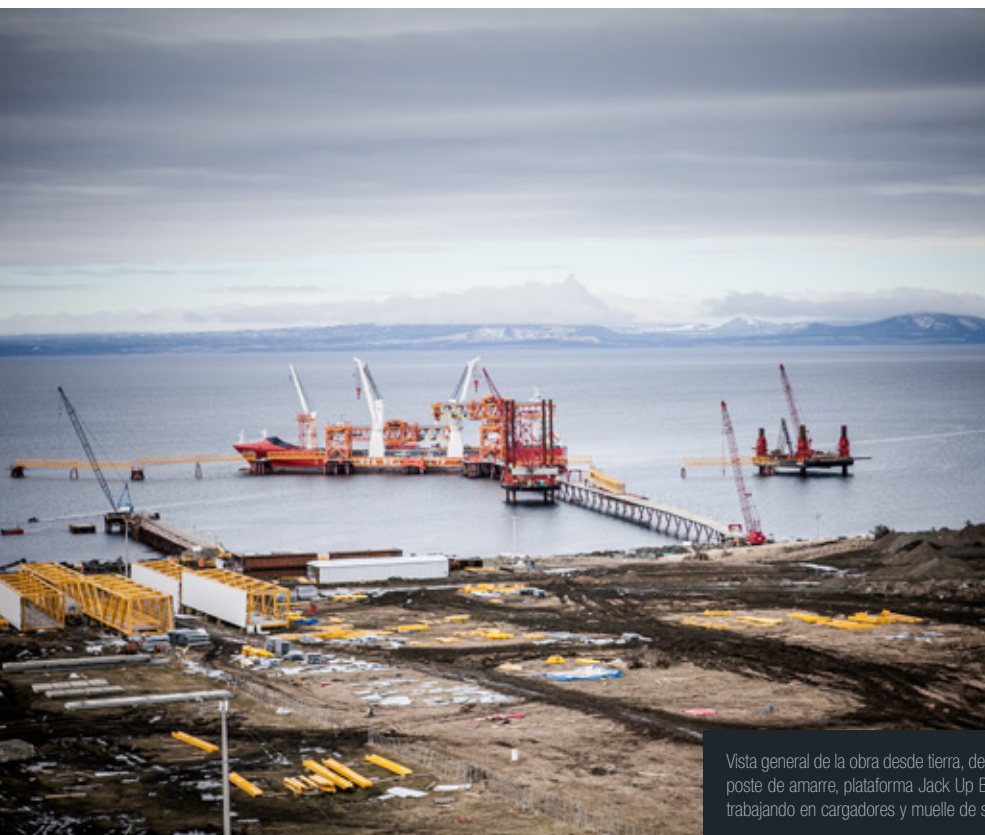


Ubicado en el sector de Punta Lackwater de Isla Riesco, en la ribera septentrional del estrecho de Magallanes, el proyecto, liderado por los grupos Empresas Copec y Ultramar, tiene por objetivo el carguío de naves graneleras que transportan carbón sub-bituminoso, que actualmente se extrae de Mina Invierno, y así abastecer con este

combustible a centrales termoeléctricas situadas principalmente en las zonas centro y norte del país, como también a centros de consumo en mercados internacionales, principalmente de Asia y Europa.

El mineral es extraído desde el yacimiento Mina Invierno para ser trasladado mediante camiones hacia una cancha de almacenamiento de 300 mil toneladas de capacidad, desde donde, al momento de atraque de una nave en el terminal, se da inicio al proceso de embarque haciendo pasar el carbón hacia los chancadores primarios (donde se reduce su tamaño máximo a 6") y luego a los secundarios (en que se vuelve a reducir el tamaño máximo a 2").

Tras el paso por los equipos de chancado, el carbón se traslada hacia las bodegas de la nave mediante correas transportadoras cubiertas (que totalizan una longitud de casi 1 km), las que en su recorrido hacen pasar el carbón por equipos de pesaje y muestreo, con los que por una parte se controla el tonelaje instantáneo y acumulado que va llegando a la nave y por otra parte se toman las muestras que permiten determinar la calidad de los parámetros tanto físicos como químicos del carbón que se está despachando a los clientes.



Vista general de la obra desde tierra, de derecha a izquierda se ve la plataforma Jack up Belfi III construyendo poste de amarre, plataforma Jack Up Belfi VI montando estructura en puente de acceso, buque de montaje trabajando en cargadores y muelle de servicio con grúa de 150 toneladas. *Gentileza Belfi.*



## EL PROYECTO

El terminal tiene una longitud de 411 mts. desde la línea de playa hasta el frente de atraque de las naves, sector en el que se encuentran los dos cargadores de barcos (de una altura de casi 50 metros), los que permiten ir llenando 2 bodegas de la nave en forma simultánea y a la vez disminuyen la necesidad de realizar “corridas” del barco para ir vaciando el carbón en las diferentes bodegas de almacenamiento de este. Asimismo, está compuesto por dos plataformas de carga, una de mantenimiento, dos duques de alba, cuatro postes de amarre y dos boyas de amarre, que

permite recibir actualmente barcos de hasta 150.000 DWT (Deadweight tonnage, tonelaje de porte bruto).

La construcción del terminal portuario se programó haciendo uso de 4 frentes de trabajo: dos equipos de construcción que avanzaban desde el mar hacia tierra mediante el uso de plataformas jack up (duques de alba, postes de amarre y boyas); uno desde tierra hacia el mar (puente de acceso al área del frente de atraque) y el último dedicado a ejecutar las obras terrestres (chancadores, correas transportadoras, pesómetro, muestrera, edificio de oficinas, entre otras).

El puente de acceso tiene una infraestructura de 80 pilotes de acero inclinados, los que están hincados en el fondo marino que alcanza a los 21 metros de profundidad. La estructura se compone de vigas de amarre metálicas, transversales y longitudinales y sobre ellas, losetas de hormigón. Por su parte, la estructura que compone el frente de atraque, se compone de 62 pilotes de acero hincados en el fondo marino, vigas metálicas y losetas de hormigón sobre ellas.

La operación minera utiliza el sistema de palas hidráulicas y camiones de alto tonelaje. *Gentileza Mina Invierno.*





Para el desarrollo de las obras desde mar a tierra la empresa constructora Belfi, contó con 2 jack up, uno de ellos se trajo desde Puerto Montt a través del mar tirado por un remolcador y el otro desarmado en grandes piezas por vía terrestre.

También, se montaron cuatro defensas flexibles y ocho ganchos de escape que permiten el atraque de los barcos. A esto hay que agregar pasarelas que permiten el tránsito entre las estructuras componentes del frente de atraque.

Sobre la estructura del puente de acceso se encuentra un almacén metálico, especie de enrejado que permite el paso de una correa transportadora, la que fue diseñada para una capacidad nominal de tres mil toneladas/hora. La correa que se inicia en tierra llega

al frente de atraque y lleva el material a dos cargadores de barco montados sobre las plataformas de carga de igual capacidad cada uno. Estos cargadores son los que finalmente llevan el carbón a las bodegas de los barcos a través de sendas mangas telescópicas.

El plazo total de la construcción del proyecto fue de 24 meses, de los cuales los primeros 8 se ocuparon en la construcción del campamento para el personal, la prefabricación de pilotes, estructuras metálicas, losetas de hormigón, entre otras. El período de hinca de pilotes, construcción de obras civiles, montajes electro mecánicos, comisionamiento y puesta en marcha duró 16 meses.

## OBRAS MARÍTIMAS

Para el montaje de las obras marítimas se utilizaron plataformas Jack up, que consisten en artefactos navales que flotan de un punto a otro, para luego levantarse mediante cuatro columnas de acero de accionamiento hidráulico, que le permiten elevarse por sobre la superficie del mar, constituyéndose en una plataforma estable de trabajo, independiente de las condiciones de marea y oleaje.

Luego, en cada plataforma se dispuso una grúa, martinete para la hinca de pilotes, generador eléctrico, perforadora para el anclaje de pilotes, soldadores, oficinas, bodega, cada de cambio para el personal y todo



Montaje del muelle con las dos plataformas Jack Up. Una de ellas se trajo desde Puerto Montt a través del mar tirado por un remolcador y la otra desarmada en grandes piezas por vía terrestre. *Gentileza Mina Invierno.*

lo necesario para convertirse en un frente de trabajo autónomo. El frente que avanzaba desde tierra tenía los mismos equipos de construcción, pero por estar unido a tierra por medio del mismo puente de acceso que estaba construyendo, no requería de oficinas, bodega ni casa de cambio.

En la fase de bajar una plataforma marina de trabajo, para hacerla flotar y trasladarla a otro lugar, se requirió del apoyo de buzos para revisar que el fondo marino estuviera libre de obstáculos y así evitar riesgos innecesarios.

Las construcciones marítimas son siempre un desafío, debido a las difíciles condiciones climáticas y con mayor razón en la región de Magallanes, zona donde se emplaza la obra. A esto, se sumó el estado inicial del camino de acceso al proyecto y la logística del transporte de materiales. Para ello se realizó en forma previa un mejoramiento de la red vial que da acceso al área del proyecto, un ensanche de caminos, refuerzo de puentes y reemplazo del transbordador, lo que permitió un cruce de mayor capacidad de carga.

Respecto a lo anterior, se estableció un método constructivo que fuera acorde a las circunstancias, privilegiando un diseño con elementos prefabricados y fabricados en su mayoría en otras partes del país y del mundo, de tal forma de minimizar los trabajos en el sitio mismo de las obras.

A modo de ejemplo, se puede destacar que las losetas de hormigón

que conforman el puente de acceso, fueron preparadas en Punta Arenas, en dimensiones que iban desde los 6 metros, hasta los 13 metros de largo, pero sin superar el ancho de un camión estándar de 2,5 metros.

Otro reto de las obras portuarias es el clima. Se buscó hacer el menor trabajo posible en el sitio y para ello se realizó un diseño con muchos elementos prefabricados de hormigón y la realización de varios trabajos en la ciudad de Punta Arenas como empalme y revestimiento de pilotes, prefabricados de hormigón y fabricación y revestimiento de jacket, entre otras. Muchos de estos trabajos se realizaban en galpones especialmente habilitados para esto.

## LOGÍSTICA

Sobre el traslado de las estructuras y materiales, los pilotes y elementos prefabricados de hormigón requirieron de algunos transportes con sobredimensión, como el caso de los pilotes, que fueron trasladados desde Punta Arenas hasta la isla en largos de 24 metros, para luego empalmarse en obra, y alcanzar un largo superior a los 40 metros.

Otro gran desafío fue el montaje de los dos cargadores de barcos, los que en total pesaban 1.400 toneladas.

La carga se consolidó en el puerto de Bremen en Alemania, donde se cargaron 8 piezas por cada cargador, las que en total sumaban un peso de 650 toneladas cada uno. Una vez armadas,

El puente de acceso está compuesto por una infraestructura de 80 pilotes de acero inclinados hincados en el fondo marino. *Gentileza Mina Invierno.*



eran cargadas al barco por las propias grúas de este y afianzadas para el viaje. Con las mismas grúas del barco fueron descargados y montados en su lugar definitivo en las instalaciones portuarias.

Tanto para la etapa de transporte desde Bremen, así como para el montaje en Isla Riesco, se debió realizar una serie de estudios estructurales tanto estáticos como dinámicos, así como también un análisis de estabilidad durante la navegación (que duró 20 días).

Tomando en consideración los volúmenes de carbón embarcados desde el inicio de sus actividades en 2013, Mina Invierno está próxima a superar una venta acumulada de 6 millones de toneladas de carbón.



Los dos cargadores de barco, que se fabricaron por partes en las instalaciones de FAM Alemania, se trasladaban hasta el puerto de Bremen, donde se ensamblaron 8 piezas mayores por cada cargador. *Gentileza Mina Invierno.*



Frente de trabajo con grúa avanzando desde tierra (a la izquierda) y el muelle de servicio usado para trasladar insumos a los frentes marítimos (a la derecha). *Gentileza Belfi.*



The Otway Terminal was built with an investment of US\$ 120 million, and it was designed for shipping out coal at a nominal rate of up to 3,000 tons/hour, in ships that range in size between 35,000 to 150,000 tons capacity.

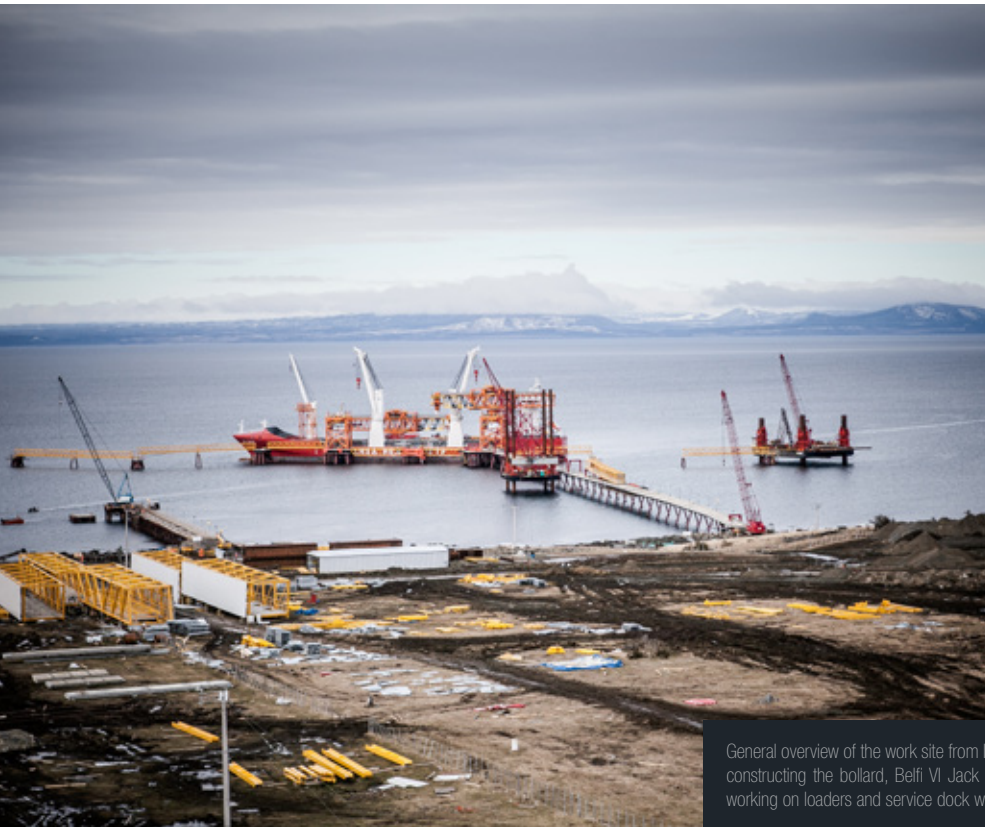


located in the sector of Punta Lackwater in Riesco Island, on the northern shore of the Magellan Strait, the project lead by COPEC Enterprises and Ultramar has its goal set on loading bulk

carriers that transport sub-bituminous coal currently extracted from the Invierno Mine and thus supply this fuel to thermo-electric power plants located in the Central and Northern zones of the country, as well as consumption centers in international markets, mainly in Asia and Europe.

The mineral is extracted from the Invierno Mine to be later transported via trucks to a storage site with over 300,000 tons capacity; when a ship docks at the Terminal the shipping process begins by making the coal go through the primary crushers (where its maximum size is reduced to 6") and then to the secondary (the maximum size is reduced again to 2").

After passing the crushing equipment, coal is carried to the ship's warehouses via covered conveyor belts (totaling length of nearly 1 km), these make coal go over weighting and sampling equipment, which in turn work controlling instant and accumulated tonnage coming into the ship, and also taking samples that allow to determine the quality of both physical and chemical parameters in coal dispatched to clients.



General overview of the work site from land, from right to left you can appreciate the Belfi III Jack up platform constructing the bollard, Belfi VI Jack up platform mounting the access bridge structure, mounting vessel working on loaders and service dock with a crane of 150 tons. *Courtesy of Belfi.*



## THE PROJECT

The Terminal has a length of 411m from the beach line to the ship's docking area, sector in which two ship loaders are in place (a height of nearly 50m), they allow loading two ship's storage rooms simultaneously and also reduce the need of making the ship "move" for putting in coal in each storage room. Also, it is made up by two loading platforms, a maintenance one as well, two mooring dolphins, four bollards and two mooring buoys, allowing to currently receive ships of up to 150,000 DWT (Deadweight tonnage).

The construction of the port terminal was programmed making use of four working fronts: two construction teams going from sea to land using jack up platforms (mooring dolphins, four bollards and buoys); one heading from land to sea (access bridge to the docking area); and the last one dedicated to execute ground operations (crushers, conveyor belts, weightometer, sampler, office building, among others)

The access bridge has an infrastructure of 80 leaned steel piles anchored to

the bottom of the sea, 21m deep. The structure is made up by cross-sectional and longitudinal metal tie beams and over them, concrete slabs. On the other hand, the structure at the docking area is made up by 63 steel piles anchored to the bottom of the sea, metal beams and concrete slabs over them.

The mining operation uses an electric shovel system and high tonnage trucks. *Courtesy of Invierno Mine.*





For developing works from land to sea, the Belfi Construction Co. had two jack up's; one of them was brought from Puerto Montt via sea pulled by a towing ship and the other in big parts via land transportation.

Also, there are four guard rails and 8 release hooks allowing ships to dock. Add walkways that enable free transit between one structure and another in the docking area as well.

On top of the access bridge structure there is a metal frame, sort of fence that allows a conveyor belt designed for a nominal capacity of 3,000 tons/hour. The belt starts in the land area, reaches the docking area and takes material to two

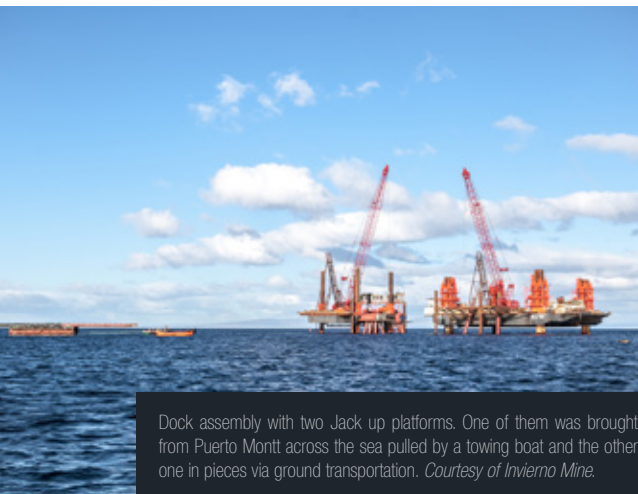
ship loaders mounted on the loading platforms, each with the same capacity. These loaders are the ones finally taking the coal to the ship's storage rooms using telescopic chutes.

The total time extension of the construction project was 24 months, out of which the first 8 were used for constructing the personnel's camp, the pre-making of piles, metal structures, concrete slabs, among others. The period of pile anchoring, construction of civil works, electro-mechanic set up and assembly, commissioning and kickoff lasted 16 months.

## SEA WORKS

For the set up of sea works, jack up platforms were used; they consist in navy artifacts that float from one point to another and then rise using four steel columns with hydraulic mechanism, allowing it to elevate above sea level, and therefore constituting a steady work platform no mattering the sea condition.

Then, each platform has a crane, a pile driver, electricity generator, drill for anchoring piles, welding machines, offices, warehouse, dressing room for the personnel and all that is necessary for being a self-sufficient work front. The team coming from land had the same



Dock assembly with two Jack up platforms. One of them was brought from Puerto Montt across the sea pulled by a towing boat and the other one in pieces via ground transportation. *Courtesy of Invierno Mine.*

construction equipment, but because of being connected to land via the same access bridge that it was building, it didn't require offices, warehouse or dressing room. At the moment of lowering a sea platform to make it float somewhere else, the assistance of divers was required for checking the sea bottom to be obstacle-free and so avoid unnecessary risks.

Sea construction is always a challenge, mainly because of difficult weather conditions and most certainly in the Region de Magallanes (Magellan's Region), zone where the project takes place. A point to add is the initial state of the project's access road and logistics regarding transportation of materials. For this reason some previous tasks were carried out: improvement of the road network accessing the project area, road widening, bridge reinforcing and also the shuttle was replaced, which allows a greater loading capacity. Regarding the just said, the construction method was set according to the circumstances, privileging a design with pre-assembled elements made mainly in other parts of the country and the world, as a way of minimizing tasks at the work site.

As an example, it can be highlighted that the concrete slabs conforming the access bridge were prepared in Punta Arenas, in dimensions ranging from 6m to 13m in length, but without exceeding a truck's standard width of 2.5m.

Another challenge in port works is weather. The main idea was doing the least work possible at the site; for such reason, the design had many concrete pre-assembled elements and the realization of various tasks in the city of Punta Arenas, such as pile jointing and coating, concrete products and jacket coating, among others. Many of these tasks were done in specially conditioned warehouses.

## LOGISTICS

About transportation of structure and materials, the piles and concrete pre-assembled elements required some oversize transportation; such is the case of piles, which were transported from Punta Arenas to the island in lengths of 24 meters for then being deployed at the work site reaching lengths of over 40 meters.

Another big challenge was the assembly of both ship loaders, which totaled a weight of 1,400 tons.

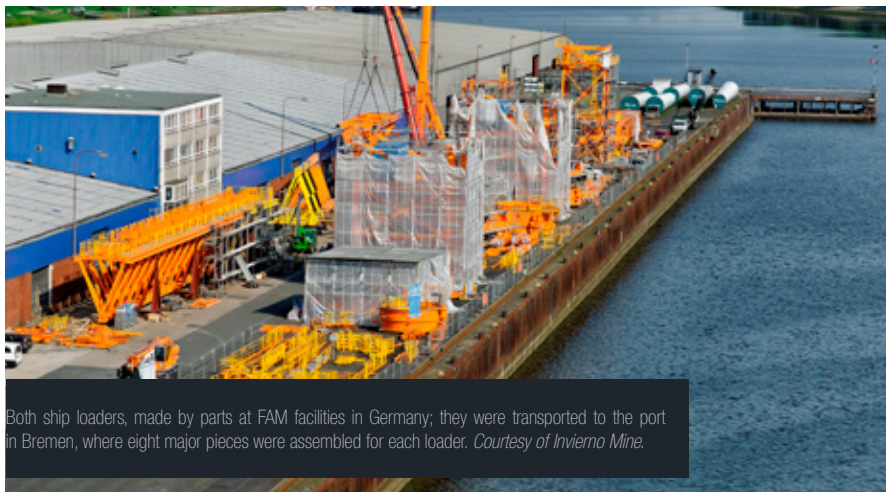
The cargo was consolidated at Bremen's port in Germany, where 8 pieces were shipped for each loader, which in total weighted 650 tons each. Once assembled, they were loaded onto ships using their own cranes and then secured for the trip. Using the ship's own crane, they were unloaded and mounted in their definite place at the port facilities.

The access bridge is made up by an infrastructure of eighty leaned steel piles anchored to the bottom of the sea. *Courtesy of Invierno Mine.*



For the transportation stage from Bremen and the mounting at Riesco Island, a series of structural studies had to be carried out, both static and dynamic, as well as a stability analysis during navigation (which lasted 20 days).

Taking into consideration coal volumes shipped since the origin of its activities in 2013, Invierno Mine is close to surpassing an accumulated sale of 6 million tons of coal.



Both ship loaders, made by parts at FAM facilities in Germany; they were transported to the port in Bremen, where eight major pieces were assembled for each loader. *Courtesy of Invierno Mine.*



Work front with a crane advancing from land (to the left) and the service dock used for transporting supplies to sea fronts (to the right). *Courtesy of Belfi.*





**Amanecer Solar CAP Plant**  
***Planta Amanecer Solar CAP***

Gentileza SunEdison.  
Courtesy of SunEdison.





## Energía limpia en el desierto / *Clean Energy in the desert*

- Se estima que en su primer año de funcionamiento, la planta generará 270 GWh de energía, lo cual evitará la emisión de 135.000 toneladas de CO<sub>2</sub> anuales, equivalente a retirar 30.000 automóviles de circulación.
- El proyecto abarca una superficie de aproximadamente 215 hectáreas y cuenta con más de 300.000 módulos solares fotovoltaicos montados en seguidores solares de un eje.
- Uno de los principales desafíos fue el de construir la planta en el desierto más árido del mundo, con una oscilación térmica diaria de más de 20° de temperatura y con máximas diarias superiores a 30° celsius.
- *It is estimated that during its first year, the plant will generate 270 GWh of energy, which will avoid 135,000 tons of CO<sub>2</sub> per year, equivalent to get 30,000 cars off circulation.*
- *The project covers an approximate surface of 215 hectares and has over 300,000 photovoltaic solar modules on one axis solar trackers.*
- *One of the main challenges was building the plant in the world's driest desert, with a daily atmospheric temperature range over 20°C and daily Max T° reaching over 30°C.*

*Fuente: Revista Construcción Minera*  
*Source: Mining Construction Magazine*

A partir de la escasez de proyectos de generación de energía eléctrica competitiva en el Sistema Interconectado Central (SIC) y las limitaciones de transmisión en la zona norte, es que con una inversión total de US\$ 213 millones y ubicado a 40 kilómetros al noroeste de Copiapó, comenzó a operar el proyecto solar “Amanecer Solar CAP”, iniciativa que fue desarrollada, construida e interconectada por la empresa SunEdison bajo un acuerdo de compra de energía con Grupo CAP, el cual busca generar 270 GWh de energía anual a través de más de 300.000 módulos solares fotovoltaicos.



En el marco de la inauguración de la planta, la Presidenta de la República, Michelle Bachelet, afirmó que este proyecto responde a la estrategia del Gobierno de diversificación de la matriz energética, donde tendrá un lugar central la incorporación de Energías Renovables No Convencionales (ERNC) en el sistema energético nacional. El

Gobierno se ha puesto la meta que el 45% de la capacidad de generación eléctrica que se instalará en el país entre los años 2014 y 2025, va a provenir de estas fuentes limpias.

Por su parte, Grupo CAP ha introducido en sus nuevos proyectos el uso de tecnologías y prácticas armónicas con el medioambiente y las comunidades vecinas. La planta es un ejemplo concreto de esta estrategia, que se suma a otras iniciativas sustentables como el proyecto minero Cerro Negro Norte y una planta desalinizadora en el Valle de Copiapó.

El proyecto es uno de los pocos propósitos solares en Chile que ha obtenido financiamiento internacional. En el país hay más de siete gigavatios en proyectos solares planeados, pero tan solo se han conectado a la red hasta la fecha 5,7 megavatios y otros 127 megavatios están en construcción. Para esta obra se recibió financiamiento por parte de la Corporación Financiera Internacional (IFC, por sus siglas en inglés), Corporación de Inversión Privada en el Extranjero (OPIC, por sus siglas en inglés) y de la entidad holandesa Rabobank.



El proyecto abarca una superficie de aproximadamente 215 hectáreas. *Gentileza Foto SunEdison.*

## EI PARQUE

Según el Grupo CAP, se trata del mayor proyecto de este tipo en América Latina y uno de los más grandes del mundo. La planta, que inyectará su energía a través del SIC, abastecerá el equivalente al 15% de la demanda de minera Cerro Negro Norte. Se estima que en su primer año de funcionamiento, la planta generará 270 GWh de energía limpia anual, lo cual evitará la emisión de 135.000 toneladas de CO<sub>2</sub> anuales, equivalente a retirar 30.000 automóviles de circulación. La interconexión de la planta solar al SIC, se realiza a través de una línea de transmisión de 9 kilómetros, que se conecta a la línea de transmisión de CAP (Cardones-Toralillo, de 220 kilovoltios).

Para la construcción de esta planta, se instalaron más de 300.000 módulos Silvantis™ de silicio monocristalino de eficiencia aproximada del 16,9% y potencias unitarias entre 325 Wp y 330 Wp (un material que no sería tóxico, ni contaminante y que, además, sería reciclable al final de su vida útil). Para cada módulo de 22 kilogramos, se implementaron seguidores solares, en cuya fabricación se proyectó el uso de acero CAP.

**“Amanecer Solar CAP”, iniciativa que busca generar 100 MW anuales a través de más de 300.000 módulos solares fotovoltaicos que fueron instalados por la empresa norteamericana SunEdison.**





La planta, que inyectará su energía al SIC, abastecerá el equivalente al 15% de la demanda de energía del grupo. Se estima que en su primer año de funcionamiento, la planta generará 270 GWh de energía limpia anual, lo cual evitará la emisión de 135.000 toneladas de CO<sub>2</sub> anuales. *Gentileza SunEdison.*

Según SunEdison, el montaje de módulos se realizó mediante personal calificado.

Previamente, los pallets se distribuyen cercanos a las estructuras donde irán montados los módulos para optimizar los tiempos de logística. Se utilizaron herramientas y dispositivos especiales para facilitar el montaje de los módulos y evitar el desgaste de los trabajadores y asegurar su integridad física.

Por otro lado, la empresa Cintac-filial del Grupo CAP, participó de la edificación de la obra, en donde se utilizaron 2.639 toneladas de acero de 345 mpa con exigencia en el galvanizado de acuerdo a la norma ASTM A123 (tiene requisitos para el espesor, acabado, apariencia y la adherencia del recubrimiento).

Respecto de lo anterior, se buscó proporcionar las estructuras de soporte para los paneles fotovoltaicos, suministro que consistió en piezas compuestas por perfiles de acero dimensionados y galvanizados de acuerdo a los requerimientos entregados por el mandante. Estas estructuras fueron posteriormente instaladas por contratistas europeos.

## RETOS EN EL DESIERTO

Uno de los principales desafíos fue el construir la planta en el desierto más árido del mundo, con una oscilación térmica diaria de más de 20° de temperatura y con máximas diarias superiores a 30 grados.

Asimismo, la extensión del terreno, de alrededor de 250 hectáreas y el tipo de suelo con afloramientos de roca, fueron desafíos para la logística y el avance de obra. Por eso, se tuvo que optimizar la planificación y la gestión del proyecto. Además, la distancia a una ciudad cercana (Copiapó) también fue un desafío dada la disponibilidad de servicios básicos, tales como el agua o las comunicaciones.

Durante la fase de construcción llegaron a obra más de 2.000 camiones. Para asegurar que cada material llegara correctamente a destino, se hizo una planificación con varios meses de antelación y se llevó a cabo mediante un equipo de profesionales especializados en logística un control diario, que comprendió el seguimiento de cada pieza desde su salida de fábrica, transporte marítimo, paso de aduanas, transporte terrestre y llegada a obra. Además, un equipo controló la llegada y descarga de materiales, al igual que su distribución en el campo solar.

La planta inyectará unos 270GWh anuales de electricidad limpia a la matriz energética chilena en el norte del país, equivalente al consumo de más de 71 millones de litros de combustible que se utilizan para generar la misma cantidad de energía en una central de generación diésel. Amanecer Solar, un paraíso energético que, con más 300.000 módulos solares fotovoltaicos, abastece a la mina Cerro Negro y sus alrededores.



## Planta Desaladora

Gentileza Grupo CAP.

A fines de mayo de 2014 se puso en marcha el proyecto Cerro Negro Norte, que permitirá aumentar en 4 millones de toneladas anuales la producción de mineral de hierro de CAP; cuya una inversión fue de US\$ 1.150 millones. Esta mina está compuesta por un complejo mina-planta siendo la primera en usar 100% agua de mar, con Amanecer Solar CAP abasteciéndola del 90% de su consumo energético.

Es el primer proyecto de la minería del hierro que utiliza para sus procesos agua de mar desalinizada, mediante una moderna planta en la comuna de Caldera. El agua, una vez tratada es impulsada mediante un ducto hasta las instalaciones. Así, la operación no dependerá de agua proveniente de fuentes acuíferas del Valle de Copiapó. Asimismo, la planta utiliza una avanzada tecnología para desalinizar hasta 400 l/s, pudiendo llegar a 600 litros por segundo. En total, la producción de agua de la desaladora es de aproximadamente 54.000 m<sup>3</sup> al día, de los que 17.000 son para la mina principal de la zona y los 34.000 restantes se reparten entre otras explotaciones mineras. El agua se extrae del océano Pacífico, a una profundidad de 17 metros; desde allí se envía a un pozo de bombeo que la hace llegar hasta la planta desaladora, situada a 1.300 m de la playa. Una vez allí, el agua se somete al proceso de desalación y potabilización, y la salmuera resultante es devuelta al mar mediante difusores que evitan concentraciones de sal nocivas para el ecosistema marino. La planta utilizará la tecnología de desalación por ósmosis inversa con un pre-tratamiento, técnica especialmente interesante por su flexibilidad, ya que permitiría tratar diferentes tipos de agua bruta.

Due to the lack of projects for generating competitive electric energy in the Central Interconnected System (SIC in Spanish) and the limitations regarding transmission in the northern zone, is that, with a total investment of US\$213 million and located 40km northwest of Copiapó, the “Amanecer Solar CAP” solar project started to operate; an initiative developed, constructed and interconnected by SunEdison Enterprises under an energy purchase agreement with the CAD Group, seeking to generate 270 GWh of energy per year using more than 300,000 photovoltaic solar modules.

**D**uring the inauguration of the plant, Chilean President Michelle Bachelet stated that this project responds to the Government's strategy of diversifying the energetic matrix, in which Non Conventional Renewable Energies will have a leading role in the national energetic system. The Government

has set the goal that 45% of electric generation capacity installed in this country between 2014 and 2025 will come from these clean sources.

On their part, the Cad Group has included the use of technologies and friendly practices with both the environment and the surrounding communities. The plant itself is a solid example of such strategy, in addition to other sustainable initiatives such as the Cerro Negro Norte mining project and a desalination plant in the Copiapó Valley.

The project is one of the few solar purposes in Chile obtaining international funding. There are more than 7 GWh in solar projects within the country already planned out, but only 5.7 MW have connected to the network so far and other 127 MW are under construction. For this project in particular, funding was received from the International Finance Corporation (IFC), the Overseas Private Investment Corporation (OPIC) and the Dutch entity Rabobank.



The project covers an approximate surface of 215 hectares. *Courtesy of SunEdison.*





## THE PARK

According to the CAP Group, this is the biggest project of its kind in Latin America and one of the biggest worldwide. The plant, which will inject its energy through the SIC, will supply an equivalent of 15% demand of the Cerro Negro Norte mining company. It is estimated that during its first year, the plant will generate 270 GWh of clean energy per year, which will avoid 135,000 tons of CO<sub>2</sub> annually, equivalent to get 30,000 cars off circulation. The Solar Plant's interconnection to the SIC is possible via a 9km long transmission line, which connects to CAP's transmission line (Cardones-Totalillo, with 220 kilovolts).

For the construction of this plant, more than 300,000 Silvantis™ monocrystalline silicon modules were installed, with a 16.9% efficiency and unitary power between 325 Wp and 330 Wp (a material which wouldn't be neither toxic nor contaminating and also recyclable at the end of its useful life). For each 22 Kg module, solar trackers were implemented; use of Cad steel was projected in its manufacture.

**“Amanecer Solar CAP”, initiative that seeks to generate 100 MW per year using more than 300,000 photovoltaic solar modules that were installed by the Northamerican company SunEdison.**





The plant, which will inject its energy to the SIC, will supply the equivalent of 15% of the Group's energy demand. It is estimated that during its first year, the plant will generate 270 GWh of clean energy per year, which will avoid 135,000 tons of CO<sub>2</sub> annually. *Courtesy of SunEdison.*

For the construction of this plant, more than 300,000 Silvantis monocrystalline silicon modules were installed, with a 16.9% efficiency and unitary power between 325 Wp and 330 Wp (a material which wouldn't be neither toxic nor contaminating and also recyclable at the end of its useful life). For each 22 Kg module, solar trackers were implemented; use of Cad steel was projected in its manufacture.

According to SunEdison, the module assembly was done by qualified personnel.

Previously, pallets are distributed close to structures where modules are to be mounted on to optimize logistics timing. Special tools and devices were used to facilitate module assembly and thus avoid wearing workers out and ensure their physical integrity.

On another hand, Cintac Enterprises, subsidiary of the CAP Group, participated in the project's construction, which required 2,369 tons of 345 mpa steel with galvanization requirements according to the ASTM A123 regulation (it has requisites concerning thickness, finish, appearance and coating adhesion).

Regarding the before said, the goal was providing base structures to photovoltaic panels, which consisted in pieces made up by dimensioned and galvanized steel profiles according to the client's specified requirements. These structures were later installed by European contractors.

## CHALLENGES IN THE DESERT

One of the main challenges was building the plant in the world's driest desert, with atmospheric temperature range over 20°C and daily Max T° above 30°C.

Likewise, the land extension of about 250 hectares and the type of soil with rock outcropping were challenges for both logistics and the project's advance. Also, the distance to the nearest city (Copiapó) was a challenge as well given the availability of basic services such as water or communications.

During the construction stage, more than 2,000 trucks arrived at the site. To ensure that all materials came to destination correctly, planning was made several months ahead and a daily control was carried out by a team of professionals specialized in logistics; such control comprehended follow up of every piece since departure from factory, sea transportation, customs, ground transportation and arrival at work site. Also, a team controlled material arrival and unload, as well as its distribution within the solar field.

The plant will inject about 270 GWh of clean electricity per year to the Chilean energetic matrix in the north of the country, equivalent to 71 million liters of fuel used to generate the same amount of energy in a diesel plant. Amanecer Solar, an energetic paradise that, with over 300,000 photovoltaic solar modules, supplies the Cerro Negro Mine and its surroundings.



## Desalination Plant

*Courtesy of CAD Group.*

At the end of May 2014, the Cerro Negro Norte project started to run, which will allow increasing CAP's mineral iron production in 4 million tons per year; whose investment was US\$ 1,150 million. This mine is made up by a mine-plant complex, being the first to use 100% sea water, with Amanecer Solar CAP supplying 90% of its energetic demand.

It is the first project in the iron mining industry that uses desalinated sea water for its processes, using a modern plant in the town of Caldera. Once treated, water runs through a pipe to the facilities. This way, the operation will not depend on water coming from hydro sources in the Copiapó Valley. Likewise, the plant uses advanced technology to desalinate up to 400l/s, being able to reach 600 liters per second. In total, the desalination plant's water production is about 54,000 m<sup>3</sup> per day, out of which 17,000 are for the main mine in the zone and the remaining 34,000 are divided among other mining exploitations. Water is extracted from the Pacific Ocean at a depth of 17m; from there it is sent to a pump well that takes it to the desalination plant, located 1,300m from the beach. Once there, water goes through desalination and purification, and the resulting brine is returned to the sea via diffusers that avoid salt concentrations that might be dangerous to the sea ecosystem. The plant will use desalination by reverse osmosis technology with a pre-treatment, a specially interesting technique because of its flexibility, since it would allow treating different kinds of raw water.





**Nuevo Nivel Mina El Teniente**  
***New Level at El Teniente Mine***

Gentileza Codelco.  
*Courtesy of Codelco.*







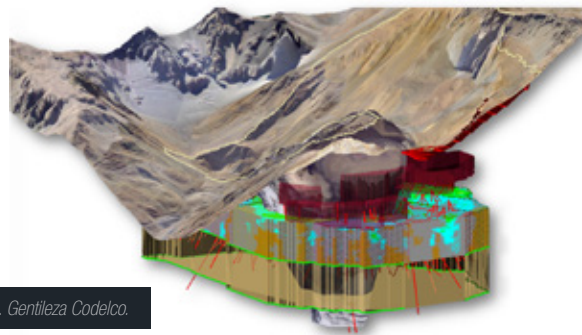
## Desde el interior de la Tierra / *From the heart of the Earth*

- Este proyecto estructural profundizará la explotación del yacimiento El Teniente, sumando una superficie cercana a los 2 millones de metros cuadrados, con reservas que ascienden a 2.020 millones de toneladas y con una ley media de cobre de 0,86% y 220 partes por millón de molibdeno.
  - Ello permitirá a la División El Teniente continuar, a contar de 2017, con el tratamiento de 137.000 toneladas por día de mineral por más de 50 años, alcanzando, en régimen, una producción en torno a las 434.000 toneladas anuales de cobre fino.
  - Entre los años 2011 y 2017 el proyecto ejecutará 98.450 metros de túneles (desarrollos horizontales) y 3.454 metros de desarrollos verticales: chimeneas de ventilación y piques de traspaso.
- *This structural project will consolidate exploitation at El Teniente site, adding a surface close to 2 million square meters, with reserves making up 2,020 million tons and an average grade of 0,86% of copper and 220 parts per million of molybdenum .*
  - *This will allow El Teniente Division to continue, starting 2017, with the treatment of 137,000 tons of mineral per day for over 50 years, reaching production around 434,000 tons of fine copper per year.*
  - *Between 2011 and 2017 the project will execute 98,450 meters of tunnels (horizontal development) and 3,454 meters of vertical development: ventilation chimneys and connecting ways.*

Con una inversión total de US\$ 3.470 millones, dos túneles de acceso paralelos de 9 km cada uno, una ampliación en un nivel más profundo (cota 1.880) y una nueva superficie de 2 millones 50 mil metros cuadrados, surge el Nuevo Nivel Mina El Teniente (NNM), uno de los proyectos más importantes de la Corporación Nacional del Cobre, Codelco. Un proyecto emblemático que busca ampliar y asegurar la continuidad operacional de la mina subterránea más grande del mundo.



a configuración de esta obra, cuya ejecución está desarrollando la Vicepresidencia de Proyectos de Codelco, contempla una explotación a través del sistema block caving, con el 100% del área preacondicionada con fracturamiento hidráulico y un esquema de niveles típico de mina: hundimiento, producción, ventilación, acarreo y chancado. La diferencia es que, en este caso, el mineral será sacado a superficie –al concentrador Colón- mediante un sistema de correas transportadoras.



#### RAJO SUR

Recursos Minerales  
(incluye reservas)

Sobre Infraestructura Actual  
581 Mt @ 0,95%CuT

Nuevo Nivel Mina  
2.020 Mt @ 0,86%CuT

Nivel Profundo  
1.910 Mt @ 0,75%CuT

Proyecto Nuevo Nivel Mina El Teniente. *Gentileza Codelco.*

Nuevo Nivel Mina, situado en plena cordillera de los Andes, a 44 km al este de la ciudad de Rancagua, permitirá mantener la capacidad de El Teniente en las actuales 137 mil toneladas por día (tpd) que equivalen a una producción en régimen en torno a 430 mil toneladas de cobre fino al año, dejando abierta la opción, hacia el 2020, de tomar la decisión de iniciar las obras necesarias para poder llegar a producir 180 mil tpd.

El proyecto plantea un diseño de ingeniería orientado a mitigar los riesgos, considerando operaciones semiautomáticas comandadas desde salas de control ubicadas en el valle, a más de 50 km del área de trabajo. Entre los años 2011 y 2017 el proyecto ejecutará 98.450 m de túneles (desarrollos horizontales) y 3.454 metros de desarrollos verticales: chimeneas de ventilación y piques de traspaso.

NNM suma 2.020 millones de toneladas de reservas, con una ley media de cobre de 0,86% y una de molibdeno de 0,022%, que se traducen –en un período de más de 50 años de operación contados desde fines de 2017- en más de 17 millones de toneladas de cobre fino.

Durante el año 2012 se terminó la construcción de las obras tempranas del proyecto, que incluyeron una rampa desde el nivel Teniente 7 hasta el de Producción de la futura mina, y las plataformas Confluencia (Norte y Sur) que permiten el acceso a la mina y un puente que las une sobre el río Coya. En la actualidad la obra se encuentra en etapa de ejecución.

#### Ficha Técnica

##### NUEVO NIVEL MINA EL TENIENTE

Mandante	<b>Codelco</b>
Gerente de proyecto	<b>Jorge Pedrals</b>
Ubicación	<b>Comuna de Machalí, VI Región del Libertador Bernardo O'Higgins</b>
Inversión total estimada para la etapa en curso	<b>US\$ 3.470 millones</b>
Etapa actual	<b>Ejecución</b>
Fecha estimada de término del proyecto	<b>2020</b>
Empleo	<b>4.500 trabajadores en etapa de construcción (6 años)</b>



## PRINCIPALES DESAFÍOS

La seguridad es uno de los principales retos de NNM. Todas y cada una de las obras de este proyecto estructural son altamente desafiantes; sin embargo, lo principal para la Corporación es ejecutar un proyecto de alta calidad, en los plazos y costos presupuestados, y lo más importante, sin tener que lamentar accidentes graves.

En la construcción de los túneles de acceso, la seguridad está inserta en cumplir con el programa de obra con un destacado récord de seguridad, entregando un proyecto de calidad que incorpore mejoras determinantes en el desempeño de los túneles durante su vida útil.

Asimismo, otro reto es ejecutar una obra de construcción vial en mitad de la Cordillera de Los Andes. En el marco del proyecto NNM se crea una nueva carretera que unirá los sectores de Maitenes con Caletones. Su punto de partida estará a 20 km de la ciudad de Rancagua, extendiéndose por un trazado

de 16,2 km hasta el sector denominado Confluencia, Caletones, al interior de las dependencias de la División.

El trazado geométrico de la carretera proyectada se encuentra desarrollado conforme a los estándares requeridos por Codelco, permitiendo alcanzar una velocidad promedio de 80 km/hora, a través de la precordillera de Los Andes, alcanzando altitudes entre los 900 y 1.500 msnm. El trazado cuenta con 3 túneles de 4.020 m en su totalidad, así como 3 millones de m<sup>3</sup> de movimiento de tierra y 9 puentes de 1.040 m, los cuales se deben ejecutar a través de caminos de accesos proyectados con singularidades especiales como son pendientes y curvas de acceso muy restringidas. Es por eso que la programación debe ser muy bien analizada y fuertemente acompañada con una logística de precisión, con el objetivo de cumplir con los plazos necesarios para el desarrollo de las actividades posteriores del Nuevo Nivel Mina.





Construcción de dos túneles paralelos de 9 kilómetros—uno para la entrada y salida de buses con trabajadores, y el otro para la correa transportadora de mineral, pista de servicios y vía alternativa para emergencias. *Gentileza CTM.*

## TÚNELES

La Constructora de Túneles Mineros (CTMSA) compuesta por las empresas europeas Vinci Construction Grands Projets y Soletanche Bachy, fue adjudicada por la Vicepresidencia de Codelco para la ejecución del contrato de diseño y construcción de los túneles principales de acceso al NNM, por un monto de US\$ 394 millones.

Contempla la excavación mediante el sistema de perforación y tronaduras (drill & blast), de dos túneles paralelos de 8,9 km de largo y secciones de 8,3 x 6,3 m para el túnel de acceso de personal, y de 9,3 x 6,9 m para el túnel correa. Los dos túneles principales serán de acceso al yacimiento. Uno de ellos para el transporte mediante buses del personal de la División El Teniente, que trabajará en la explotación de este nuevo nivel. El otro túnel tendrá como

función principal el transporte de mineral chancado mediante correa transportadora.

Cada 300 metros, estos túneles paralelos contarán con una conexión peatonal y cada 1,5 kilómetros tendrán una interconexión vehicular. Las ventanas constructivas, una vez completada la obra, serán utilizadas para ventilación y para recurso de acceso y vías en eventos de emergencia.

## TECNOLOGÍAS

Las innovaciones en el proyecto NNM contribuyen a la seguridad de la operación, la productividad en sus procesos y en la construcción de su infraestructura. Es así como en la perforación propiamente tal, se utilizan jumbos con tres brazos, que se posicionan y perforan en forma automática



conforme al diagrama de disparo que se ha incorporado al computador del equipo. Las perforadoras son de alta potencia, lo que conlleva el uso de barras de perforación capaces de soportar la energía y empuje entregado por el jumbo, sin provocar desviaciones, que son negativas en el rendimiento del disparo.

En la selección de explosivos también se incorporaron mejoras tecnológicas. Fue así como se definió el uso de emulsión a granel que se traslada a la frente por camión equipado con dos bombas que permiten impulsar simultáneamente al interior de dos perforaciones, incorporando el elemento sensibilizador que torna explosiva la mezcla. La emulsión no es explosiva hasta cuanto no se sensibiliza dentro de la perforación. Esto conlleva significativas ventajas en su almacenamiento, transporte y seguridad.

Además, para la acuñadura de roca se utiliza equipo mecanizado que permite evitar la tradicional ejecución manual. La fortificación, constituida principalmente por shotcrete con fibra metálica y pernos, es otra fuente de aplicación de tecnologías innovadoras. La perforación se realiza con jumbos de dos brazos de perforación y canastillo de montaje de pernos. Los pernos son tanto tradicionales como pernos de fijación rápida con posterior inyección de lechada de recubrimiento y sellado. El hormigón proyectado o "shotcrete" se lanza con equipo Roboshot que incluye tanto bomba de hormigón, como compresor y dosificador de aditivos, lo que lo hace muy independiente y de rápida puesta en operación. Este hormigón está diseñado con la inclusión de fibra, lo que evita la colocación de malla y contribuye así a una significativa reducción del ciclo.



*Gentileza Codeco.*

Los equipos de extracción y transporte de minas, son de uso habitual en túneles. Entre ellos destacan los scoop, dumper, cargador y camión. Sin embargo, el aspecto distintivo de los utilizados en NNM, tiene que ver con que estas maquinarias cuentan con sistema blaxtair, o cámaras que detectan la presencia de personas en el entorno, permitiendo controlar los riesgos de atropello y colisión.

Como parte de la batería de soluciones para abordar las dificultades que presenta el terreno, se tiene en obra una planta completa de inyección. Es de operación computarizada que además registra los parámetros de inyección, permitiendo un análisis en breve tiempo. Ello, a su vez, ayuda a la rápida toma de decisiones en eventuales modificaciones al programa de tratamientos de la roca.



Gentileza Codelco.

## SEGURIDAD

En cuanto a la seguridad durante la fase de construcción, el diseño minero del proyecto ha considerado geometrías, tipos de fortificación y secuencia de explotación que permiten disminuir los riesgos de estallidos de roca y colapsos, basado en más de 30 años de experiencia de la División en la explotación de mineral primario. También se ha considerado intensificar el uso de equipos semi-automatizados (como LHD, camiones, martillos y buzones) operados remotamente desde el valle, lo que disminuye en forma importante la cantidad de personas que ingresarán diariamente a la mina.

En tanto, la principal herramienta utilizada como pilar fundamental, es un programa de prevención de riesgos por el cual se rige la construcción del proyecto. En este, se identifican los peligros, se evalúan y controlan los riesgos además de considerar

el cumplimiento de la legislación aplicable. De estos pilares nacen programas como la Observación de Conducta, Tarjeta Verde, Seguridad Basada en la Conducta, SBC, y Gestión de los cuasi accidentes, entre otros. Todo lo anterior, con el fin de lograr el autocuidado tanto de los trabajadores como de la supervisión. En ese sentido se han incorporado herramientas novedosas como “*Alive on site*”, que consiste en la grabación de actividades en terreno y luego la revisión y discusión del material audiovisual registrado por los mismos protagonistas.

## EFICIENCIA Y SUSTENTABILIDAD

El proyecto considera la utilización de Ventilación Según Demanda al interior de la mina (el aire es inyectado de acuerdo a los requerimientos de cada

sector), lo que permitirá un importante ahorro de energía. Asimismo, los motores que se utilizarán en el sistema de correas principales serán sincrónicos, lo que asegura un manejo eficiente del consumo de electricidad.

Otra obra, en línea con la construcción de la Carretera Maitenes- Confluencia forma parte del proyecto estructural denominado Nuevo Nivel Mina, el cual fue evaluado en su conjunto a través de un Estudio de Impacto Ambiental aprobado por la autoridad a través de la RCA 118/2011, donde posteriormente se incorporaron modificaciones significativas al proyecto a través de una Declaración de Impacto Ambiental que fue aprobada por la autoridad a través de la RCA 44/2012.

En cuanto a las medidas de mitigación, recuperación y/o compensación que se están realizando, destacan la mitigación de la contaminación

## Principales obras



La materialización de este proyecto consiste en construir la infraestructura necesaria para explotar en los próximos 50 años más de 2 mil millones de toneladas de reservas. Para concretar esa tarea, durante los años 2013 a 2015 se deben construir obras tales como:

- **Construcción** de dos túneles principales de 9 kilómetros de largo cada uno con los portales en Confluencia, junto a Caletones, con un total de 23 mil metros de túneles, con una sección aproximada de 9 x 9 metros.
- **Construcción** de dos túneles (adits de ventilación) de 7 x 7 m de sección, con un total de 4.300 m de túneles.
- **14.250 m** de desarrollo de accesos a los distintos niveles de la Mina (Ventilación, Hundimiento, Producción, Transporte Intermedio y Drenaje) y los accesos a la sala de chancado.
- **Carretera Maitenes – Confluencia:** Obra vial entre Maitenes y Confluencia, diseñada con altos estándares de seguridad y permitirá acortar en forma importante el tiempo de viaje hasta la mina. Considera tres túneles con un total de 4.400 m y 7 puentes con un total de 947 metros, además de movimientos de tierra por más de 3 millones de m<sup>3</sup>, las cuales deben estar terminadas a mediados del año 2015.
- **Un millón** de m<sup>3</sup> de movimiento de tierra y 1.200 metros de túneles, para la instalación de los tres tramos de la correa overland que llevará el mineral desde Confluencia a Colón.



Principales Obras que deben estar finalizadas en 2017. *Gentileza Codelco.*

atmosférica producto de las emisiones de material particulado y gases gracias a la combustión de combustibles fósiles. Para hacer frente a esto, se ha adoptado controlar la velocidad en caminos de tierra, encargar los camiones que transportan materiales inertes; humedecer los caminos-excavaciones-acopios; contar con maquinaria con certificados de emisiones de gases, revisiones técnicas y mantenimientos al día.

No obstante lo anterior, para la VP de Codelco, la construcción del NNM, no solo se trata de una faena con la última tecnología disponible en el mundo, basada principalmente en operaciones telecomandadas desde el valle, sino que también será operada bajo un nuevo modelo de gestión que permitirá seguir entregando excedentes a Chile por medio siglo más.

### PROYECCIONES

Según informó el Presidente Ejecutivo de Codelco, Nelson Pizarro a mediados de diciembre de 2014, se estima que el retraso del proyecto (por las reestructuraciones acontecidas tras su nombramiento), será de entre 24 y 36 meses, lo que significa que su inversión se incrementará en US\$ 2.000 millones.



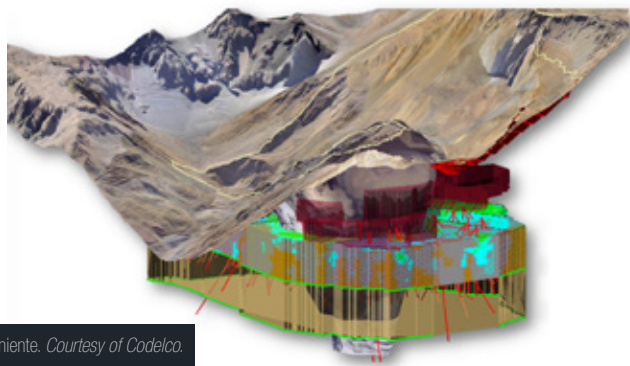
With a total investment of US\$3,470 million, two parallel access tunnels 9km long each, an expansion to a deeper level (level 1,880), and a new surface of 2 million 50 thousand square meters, the New Level at El Teniente Mine (NNM in Spanish) rises, one of the most important projects of the National Copper Corporation, CODELCO. An emblematic project seeking to expand and ensure the operational continuity of the world's biggest underground mine.



This project's set up, whose execution is being overseen by Codelco's Vice Presidency of Projects, proposes exploitation through block caving system, with 100% of the area being pre-conditioned by hydraulic fracturing and a typical mine level schematics: collapse, production, ventilation, transport and crushing. The difference is that in this case the

mineral will be taken to surface -to the COLON concentrator- using a conveyor belt system.

The New Mine Level (NNM), located in the heart of the Andes Mountain Range, 44km east from the city of Rancagua, will allow maintaining El Teniente's capacity at the current 137 thousand tons per day (tpd), making up a production rounding 430 thousand tons of fine copper per year; it also opens the option, towards 2020, of making the decision to initiate necessary tasks for reaching 180 thousand tpd. The project proposes an engineering design oriented to mitigate risks, considering semi-automatic operations commanded from control rooms located in the valley, at more than 50km from the work place. Between 2011 and 2017 the project will execute 98,450m of tunnels (horizontal developments) and 3,454 meters of vertical developments: ventilation chimneys and connecting ways.



#### SOUTH PIT

Mineral Resources  
(including reserves)

On current infrastructure  
581 Mt @ 0,95%CuT

New Mine Level  
2,020 Mt @ 0,86%CuT

Deep Level  
1,910 Mt @ 0,75%CuT

Project New Mine Level at El Teniente. *Courtesy of Codelco.*

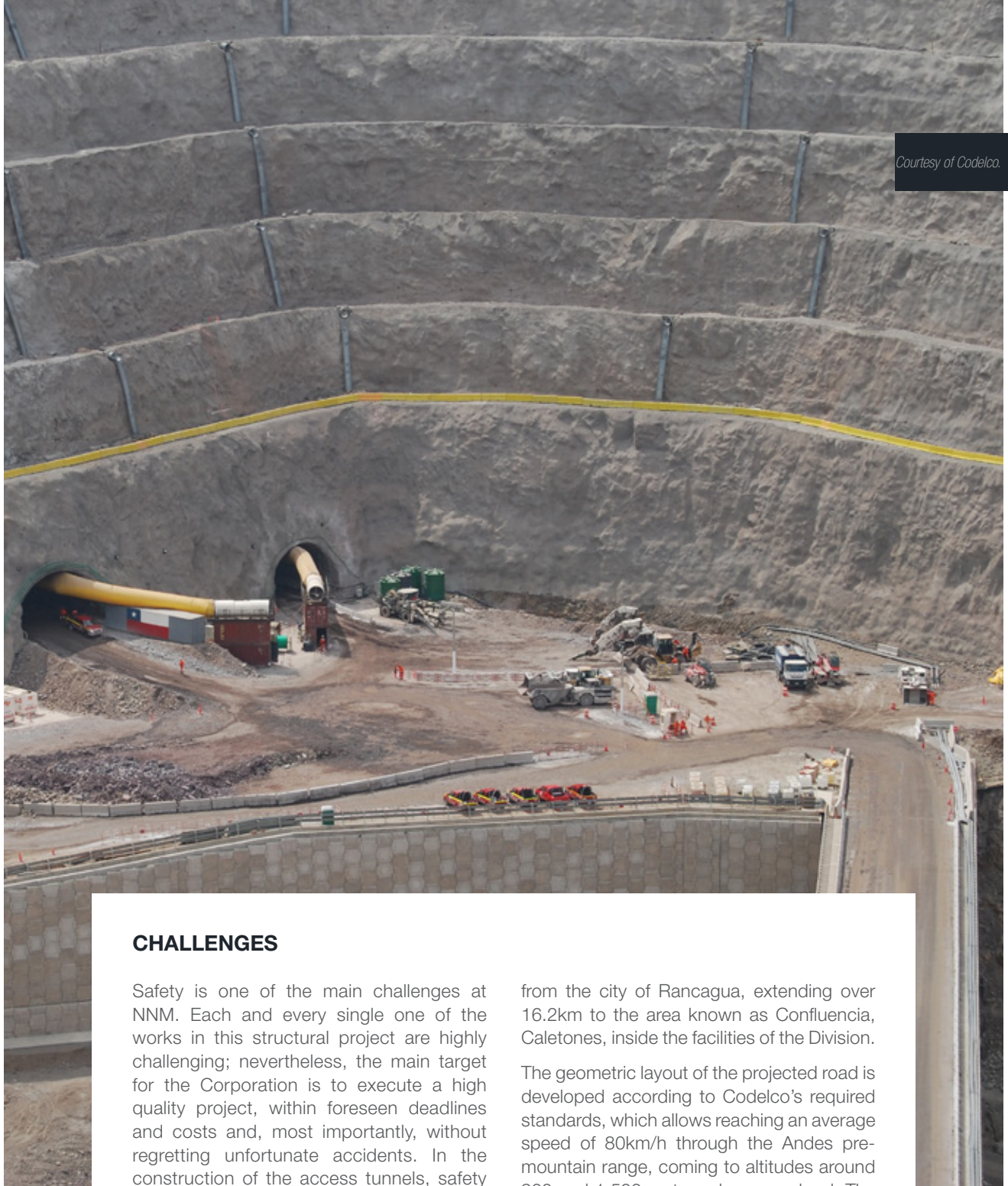
NNM holds 2,020 million tons in reserve, with an average grade of 0.86% of copper and molybdenum of 0.022%; this is translated -in a period of more than 50 years of operation starting at the end of 2017- into more than 17 million tons of fine copper.

During 2012, the construction of the early stages of the project was finished, which included a ramp from Level 7 at El Teniente to the Production Level of the future mine, and confluence platforms (North and South). Currently works are at an execution stage.

### Technical Info

#### NEW MINE LEVEL AT EL TENIENTE

Client	Codelco
Project manager	Jorge Pedrals
Location	Machalí, 6 <sup>th</sup> Region Libertador Bernardo O'higgins
Total estimated investment for the ongoing stage	US\$ 3,470 million
Current Stage	In execution
Estimated Project end Date	2020
Employment	4,500 workers during construction stage (6 years)



## CHALLENGES

Safety is one of the main challenges at NNM. Each and every single one of the works in this structural project are highly challenging; nevertheless, the main target for the Corporation is to execute a high quality project, within foreseen deadlines and costs and, most importantly, without regretting unfortunate accidents. In the construction of the access tunnels, safety aims to fulfill the work program with an outstanding safety record, delivering a quality project that incorporates significant improvements in the performance of tunnels all through their life use.

Likewise, another challenge is executing road construction works in the middle of the Andes pre-mountain range. A new road was created as a part of the NNM project, which will connect the sectors of Maitenes and Caletones. Its starting point will be 20km

from the city of Rancagua, extending over 16.2km to the area known as Confluencia, Caletones, inside the facilities of the Division.

The geometric layout of the projected road is developed according to Codelco's required standards, which allows reaching an average speed of 80km/h through the Andes pre-mountain range, coming to altitudes around 900 and 1,500 meters above sea level. The layout has 3 tunnels totaling 4,020 meters, as well as 3 million m<sup>3</sup> in earth movement and 9 bridges of 1,040m, which must be executed through projected access roads with special singularities such as very restricted access curves and slopes. That is why planning must be very well analyzed and come hand by hand with precise logistics, with the objective of meeting all deadlines necessary for the development of activities of the New Mine Level.





Construction of two parallel tunnels of 9km – one for the entrance and exit of buses with personnel, and the other one for the mineral conveyor belt, service track and alternative way for emergencies. *Courtesy of CTM.*

## TUNNELS

The Mining Tunnels Construction Co. (CTMSA), made up by the European enterprises Vinci Construction Grand Projects and Soletanche Bachy, was selected by Codelco's Vice-Presidency for executing the contract of design and construction of the main access tunnels at the NNM, for US\$ 394 million. It covers excavation using drilling and blasting systems, with two parallel tunnels 8.9km long and sections of 8.3 x 6.3 meters for the personnel access tunnel, and 9.3 x 6.9 meters for the conveyor tunnel. The two main tunnels will be for accessing the site. One of them for personnel transportation at El Teniente Division using buses; people who will work exploiting this new level. The other tunnel will have the transport of crushed mineral with conveyor belts as a main function.

Every 300m, these parallel tunnels will have a pedestrian connection, and a vehicle interconnection every 1.5km. Constructive windows, once the project is completed, will be used for ventilation and access resource and paths in emergency events.

## TECHNOLOGY

Innovations in the NNM project contribute to the operation's safety, productivity in its processes and its infrastructure construction. It is so that, for drilling, three-armed jumbos are used. They are positioned and drill automatically according to the shooting diagram incorporated to the team's computer. The drills have a high power, which involves the use of drilling bars capable



of coping with the jumbo's energy and push without provoking deviations, which are negative when it comes to performance.

New technological improvements were also incorporated when selecting explosives. It was chosen to use bulk emulsion, which was moved to the front using a truck equipped with two pumps. These pumps allow putting emulsion into two perforations simultaneously, incorporating the sensitizing element that turns the mix explosive afterwards. The emulsion is not explosive until it is not sensitized inside the perforation. This brings outstanding advantages when it comes to storing, transport and safety.

The marine extraction and transport teams are common in tunnels. Among them we have scoops, dumpers,

manual execution. Fortification, mainly constituted by shotcrete with metallic fiber and bolts, is another source of innovating technology application. Drilling is done with two-drilling- arm jumbos and a bolt basket. Bolts are both traditional and quick anchoring with a slurry shield injection and sealed afterwards. The projected concrete or "shotcrete" is applied with Roboshot equipment, which includes a concrete pump, as well as a compressor and an additive dispenser, making it very independent and fast to become operational. This concrete is designed with the inclusion of fiber, which avoids putting up a fence and thus contributes to a considerable reduction of the cycle.

As a part of the solutions strategy to cope with the difficulties the site presents, a complete injection plant

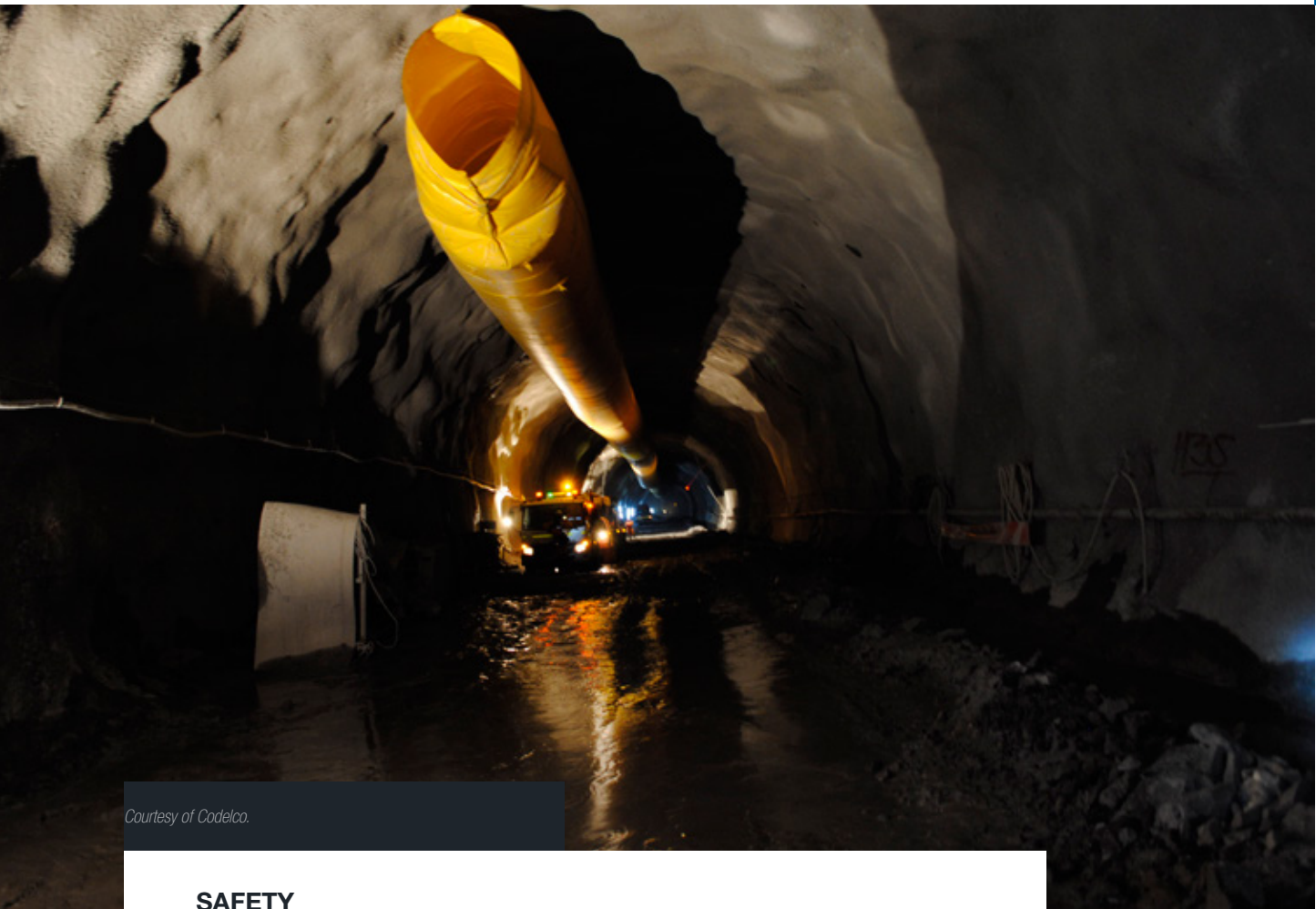


*Courtesy of Codelco.*

loaders and trucks. Nevertheless, the distinguishing aspect in NNM has to do with all of these machines using blaxtair systems or cameras that detect the presence of people in the area, which allows controlling risks of running someone over or collision.

Besides, mechanized equipment is used for securing rock collapse, this way avoiding the traditional

is under work. It is operated with computers that also register injection parameters, allowing analysis in a very brief time. This, in turn, helps the process of quick decision making during eventual modifications to the rock treatment program.



Courtesy of CODELCO.

## SAFETY

Regarding safety during the construction stage, the project's mining design has considered geometries, fortification types and exploitation sequences that allow diminishing risks of rock blasts and collapses, based upon the Division's over 30 years of experience in exploiting primary mineral. It has also been considered to intensify the use of semi-automatized equipment (such as LHD, trucks, hammers and load boxes), operated remotely from the valley, which substantially diminishes the amount of people coming into the mine daily.

All in all, the main tool used as primary base is the risk prevention program on which the construction of the project stands on. In it, dangers are identified and risks are assessed and controlled, besides considering the abiding of the applicable regulations. Out of these

premises, new programs are born, such as Behavior Observation, Green Card, Behavior Based Safety, SBC and nearly-an-accident Management, among others. All of this with the aim of achieving self-care among both workers and the supervising personnel. Going this way, new tools have been incorporated, such as "Alive on site", consisting in recording on-site activities for later discussion and revision of the recorded audiovisual material by the same people appearing in it.

## EFFICIENCY AND SUSTAINABILITY

The project considers use of Ventilation On Demand inside the mine (air is injected according to each sector's requirements), which will allow important



## Main works



This project's materialization consists in constructing the necessary infrastructure for exploiting over 2 thousand million tones in reserve over the next 50 years. For meeting such task, during 2013 to 2015 works must be built, such as:

- **Construction of two main tunnels** of 9km long each with portals in Confluencia, next to Caletones, totaling 23 thousand meters in tunnels, with an approximate section of 9 x 9 meters.
- **Construction of two tunnels** (ventilation adits) with 7 x 7 section, totaling 4,300 meters in tunnels.
- **14,250m** in access development to different levels within the mine (ventilation, collapse, production, intermediate transport and drainage) and access to the crushing room.
- **Maitenes-Confluencia Highway:** road project between Maitenes and Confluencia, designed with high safety standards that will allow an important reduction in time travel to the mine. It considers three tunnels with a total of 4,400m and 7 bridges with a total of 947 meters, besides earth movement with over 3 million m<sup>3</sup>; all of which must be concluded by mid 2015.
- **One million m<sup>3</sup> of earth movement** and 1,200 meters in tunnels, for installation of all three sections of the overland conveyor that will take mineral from Confluencia to Colón.



Main works that are to be finished in 2017. Courtesy of Codelco.

energy saving. Also, engines used in the main conveyor system will be synchronic, ensuring efficient electricity consumption.

The Maitenes-Confluencia Highway is part of the structural project called New Mine Level, which was assessed altogether through and Environmental Impact Research carried out by the proper authority under the RCA 118/2011, where significant modifications were incorporated to the project later on through an Environmental Impact Declaration that was approved by the authority under RCA 44/2012.

As for the mitigation, recovery and/or compensation measures being held, we can highlight mitigation of atmospheric pollution produced by particle material and gases due to fossil fuel combustion. To deal with such issue, it has been set to control speed in dirt roads, cover trucks transporting materials; spray water

over roads-excavations-stockpiles; have certified machinery regarding exhaust fumes, technical checkups and up to date maintenance.

## PROJECTIONS

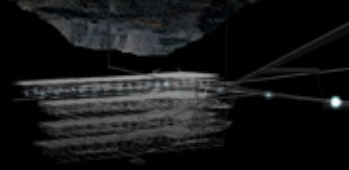
According to Codelco's Executive President, Nelson Pizarro in mid-December 2014, it is estimated that the delay in the project (due to re-structuration after his arrival to position), will take from 24 and 36 months, which means the investment will increase in US\$ 2,000 million.

Nonetheless, for Codelco's VP the NNM construction is not all about a project with the latest technology available worldwide, mainly based on telecommand operations from the valley, but also a project operated under a new management model that will keep providing profits to Chile for another half century.

## PROYECTO CHUQUICAMATA SUBTERRÁNEA

El proyecto transformará la explotación de la actual División Chuquicamata desde un método de rajo abierto a una explotación subterránea.

Esta explotación será realizada en **4 niveles sucesivos**, mediante el método **Block Caving**, que implica el trabajo con macro bloques de mineral, de 35 mil metros<sup>2</sup> cada uno aproximadamente.



### El proyecto en NÚMEROS

**US\$** inversión total estimada  
**US\$ 4.200 millones**

**producción anual de**

**320.000 toneladas de cobre fino**

**base minera de**

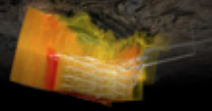
**1.760 millones de toneladas de cobre**

**producción diaria**  
**140 mil toneladas de mineral a pleno régimen**

**15.000 toneladas de molibdeno**

**0,71% ley de cobre**

**181 kilómetros de túneles**



Se estima que esta modificación pionera permitirá **extender en al menos 40 años la vida útil de Chuquicamata**, tras su puesta en marcha en el año 2019.



# Chuquicamata Subterránea Underground Chuquicamata

Gentileza Codelco.  
Courtesy of Codelco.

## UNDERGROUND CHUQUICAMATA PROJECT

The Project will transform exploitation at the current Chuquicamata Division from being an open pit into an underground exploitation.

This exploitation will be carried out on **4 successive levels**, using **Block Caving** method, which implies working with mineral macro blocks, 35 thousand m<sup>2</sup> each approximately.



### The project in FIGURES

**US\$** total estimated investment  
**US\$ 4,200 million**

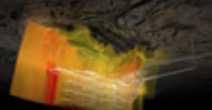
**Annual production of**  
**320,000 tons of fine copper**

**Mining base with**  
**1,760 million tons of copper**  
**0,71% copper grade**

**daily production**  
**140 thousand tons of mineral at full regime**

**15,000 tons of molybdenum**

**181 kilometers in tunnels**



It is estimated that this pioneering modification will allow **extending Chuquicamata's useful life in at least 40 years**, after starting operations in 2019.







## Desde las profundidades / *From the depths*

- El proyecto contempla iniciar sus operaciones el año 2019 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.
- Este megaproyecto explotará parte de las reservas que permanecen bajo el actual yacimiento, las cuales se han cuantificado en 1.760 millones de toneladas de cobre, que representan más de 60% del total del mineral que se ha extraído en los 100 años de vida de la mina de Chuquicamata.
- *The projects plans to start operations in 2019, followed by an approximately 7-year ramp up, for reaching productivity of 140 thousand tons per day.*
- *The project's construction comprehends four production levels, a main access tunnel 7.5km long, 9.3m wide and 6.2m tall; a transport tunnel 6.5km long, among other constructions.*
- *This megaproject will exploit part of the reserves remaining under the current site, which have been quantified in 1,760 million tons of copper, representing more than 60% total of mineral extracted in Chuquicamata's 100 years.*

Con una inversión total del orden de US\$ 4.200 millones, una dotación de 6.000 trabajadores en promedio durante su construcción (pre-operación) 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 planeado para el año 2019, se busca que la mina subterránea 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 este 2015 cumplirá cien años de explotación (en mayo) 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.

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 se encuentra en ejecución inversional.

## Ficha Técnica

### CHUQUICAMATA SUBTERRÁNEA

Mandante	Codelco
Gerente de proyecto	Sergio Bustamante
Ubicación	Instalaciones industriales de División Chuquicamata, comuna de Calama, provincia de El Loa, II Región de Antofagasta
Inversión total estimada	US\$ 4.200 millones
Inversión para la etapa en curso	US\$ 870 millones
Etapa actual	Ejecución Inversional
Fecha estimada puesta en marcha	2019



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, la mina posee una forma elíptica, con 5 km de longitud, 3,5 km de ancho y 1 km de profundidad. *Gentileza Codelco.*

## GERENCIAMIENTO DE PROYECTO

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

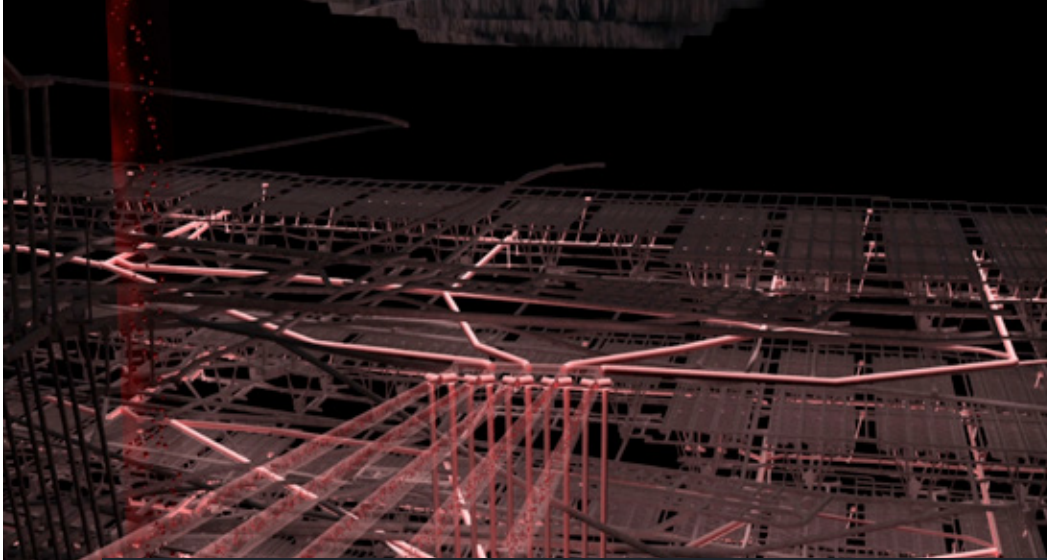
Por otra parte, se encuentra el proyecto minero propiamente tal y referido a la unidad de explotación, con todos sus niveles e infraestructura asociada a esta. Y finalmente, la infraestructura permanente, tanto subterránea como de superficie, donde destaca el manejo de minerales y la ventilación de la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

La ingeniería básica del proyecto Chuquicamata Subterránea se realizó en un período de 38 meses, contemplando 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 y diciembre de 2012, se llevó a cabo la ingeniería básica propiamente tal, su infraestructura permanente, servicios y suministros, sustentabilidad y evaluaciones económicas.

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. *Gentileza Codelco.*







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 uno, con pendientes entre los 8 y 15 por ciento. *Gentileza 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).

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 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.

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 por ciento.

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.

## INFRAESTRUCTURA SUBTERRÁNEA

Dos son los tipos de infraestructura que necesita la operación de la mina. 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.

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

## ▼ Pique único en el mundo

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, se está desarrollando un pique de 11 m de diámetro y 918 m de profundidad. *Gentileza Codelco.*



Una obra que -por sus dimensiones- nunca antes ha sido construida en Chile, se encuentra ejecutando la Vicepresidencia de Proyectos de Codelco, como parte de las obras tempranas del proyecto Chuquicamata Subterránea. Se trata de un pique de 918 metros de profundidad (más de 7 veces la altura de la Torre Entel de Santiago) y 11 metros de diámetro, que forma parte del sistema de ventilación principal de la futura operación subterránea y permitirá extraer el aire desde el interior de la mina. A octubre de 2014, el pique llevaba un avance cercano a los 140 metros. La obra, a cargo del consorcio AME (Aveng de Sudáfrica y Mas Errázuriz de Chile) está siendo construida de arriba hacia abajo a través de perforación y tronaduras, y utilizando un complejo sistema de huinches que introduce al pique una plataforma de cinco pisos (y aproximadamente 120 toneladas de peso), a través de la cual entran y salen los operadores y los equipos, en capachos (kibbles) en los que se extrae también el material excavado (marinas). Entre los equipos utilizados destaca un jumbo de ocho brazos, con el que se realiza la perforación vertical de avance en profundidad, la que luego se carga con explosivos y se detona.



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 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 uno, 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 918 m de profundidad (*ver recuadro*).

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 construcción 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.

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 esta 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.





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. *Gentileza Codelco.*

## DESARROLLO TECNOLÓGICO

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, 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.

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 han considerado metodologías convencionales para la construcción de túneles. Sin embargo, junto 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 (grandes taladros que no requieren perforación ni tronadura para hacer los túneles) para el desarrollo de algunos túneles de inyección de aire.

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.



## MEDIOAMBIENTE 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 sea cielo abierto o subterránea) y recirculación completa de residuos líquidos. La Resolución de Calificación Ambiental (RCA) para la Declaración de Impacto Ambiental, fue obtenida el 1 de octubre de 2010.

Con respecto a la seguridad, la mina 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.

La construcción y puesta en marcha de Chuquicamata Subterránea 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.

Cabe destacar que a fines de 2014, El Directorio de Codelco aprobó la histórica inversión de US\$ 3.306 millones para la ejecución del proyecto, la mayor asignación de recursos en la historia de la empresa, la cual se suma a los US\$ 894 millones ya ejecutados en obras tempranas, totalizando una inversión de US\$ 4.200 millones que permitirá transformar la centenaria mina a rajo abierto más grande del mundo en una operación subterránea gigante y eficiente, que producirá riqueza para el país por 40 años más.

Entre las tecnologías y equipos actualmente en la construcción del proyecto, destaca el uso de jumbos de perforación computarizados de hasta tres brazos y con motor diésel-hidráulico, equipos de carga de material continuos, entre otros. *Gentileza Codelco.*



With a total investment of US\$4,200 million, a crew averaging 6,000 workers during its construction (pre-operation) and 1,021 kilometers in tunnels, shafts and ventilation chimneys, Underground Chuquicamata arises.

**A**n emblematic project seeking to transform the world's biggest open pit mine into a giant underground operation, both modern and efficient, that will allow exploiting resources under the current site at Chuquicamata.

This is a structural project the National Copper Corporation (CODELCO) has in hand and represents an important

part of its future projection. Planning to start operations in 2019, the goal is making the underground mine generate 140,000 tons of mineral per day (tpd), which will mean an annual production of 340,000 tons of fine copper and more than 18,000 tons of fine molybdenum.

Chuquicamata's open pit mine will come to 100 years of exploitation this 2015 (in May) and in the last 12 years some geological exploration tasks have been undergone (more than 15km in tunnels and 170km in probing), for bringing the underground project to life, becoming one of the country's main source of economic resources. Under Chuquicamata's pit, nearly 1,760 million tons in mineral reserve have been quantified of both copper (average 0,71%) and molybdenum (502 ppm), representing more than 60% of what has been extracted over the last 90 years.

The exploitation method considers the mineral to be loaded using semi-autonomous loading, hauling and dumping (LHD) equipment; going through a primary crushing process and later taken to a concentrator located on the surface via conveyor belts. This will require construction of more than 1,000km in tunnels and a great amount of infrastructure and civil works all throughout its useful life. Currently, the project is at an investment execution stage.

## Technical Info

### UNDERGROUND CHUQUICAMATA

Client	<b>Codelco</b>
Project manager	<b>Sergio Bustamante</b>
Location	<b>Industrial facilities at Chuquicamata Division in Calama, El Loa, II Region of Antofagasta</b>
Total estimated investment	<b>US\$ 4,200 million</b>
Investment for the ongoing stage	<b>US\$ 870 million</b>
Current stage	<b>Investment execution</b>
Estimated date for starting operations	<b>2019</b>




The Chuquicamata mine is currently an open pit copper mine located 15km north of Calama and 245km from Antofagasta. It is considered the biggest worldwide because of its dimensions; the mine has an elliptic shape, 5km long, 3,5km wide and 1 km deep. *Courtesy of Codelco.*

## PROJECT MANAGEMENT

Hatch Co. was chosen by Codelco to go with the basic engineering processes. That is to say, developing the concept defined in the pre-feasibility stage of the Underground Chuquicamata project, related to works of initial permanent infrastructure, meaning main access tunnel, mineral transportation, air injection, works inside the mine and support works on the surface.

On another hand, we have the mining project itself referred to the exploitation unit, with all the levels and infrastructure associated to it. And finally, permanent infrastructure, both underground and on surface, where we can highlight mineral handling and mine ventilation, plus all services and supplies required for the operation.

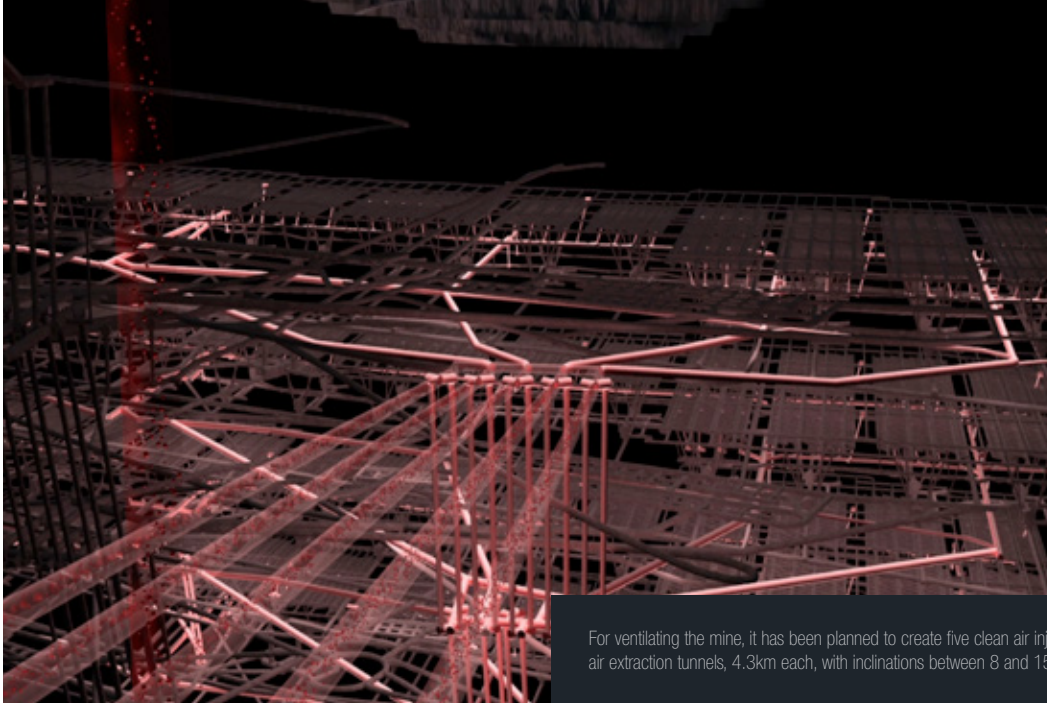
Basic engineering for the Underground Chuquicamata project was done in a period of 38 months, having two stages. The first, from November 2009 until May 2011, consisted in doing basic engineering for the mine's initial infrastructure works. These considered main access tunnels, mineral transportation, air injection, works inside the mine and support on the surface. During the second stage, between June 2011 and December 2012, basic engineering was deployed, its permanent infrastructure, services and supplies, sustainability and economic evaluations.



The exploitation method considers the mineral to be loaded using semiautonomous loading, hauling and dumping equipment (LHD), going through a primary crushing process and later transported to a concentrator located on the surface via conveyor belts. *Courtesy of Codelco.*







For ventilating the mine, it has been planned to create five clean air injection tunnels and five polluted air extraction tunnels, 4.3km each, with inclinations between 8 and 15 percent. *Courtesy of Codelco.*

## DESIGN

The project, located 15km north of Calama, considers exploitation by means of macro blocks, using block caving extraction processes (massive underground production method that uses gravity for extraction, weakening the block's base to provoke its collapse and this way obtain the mineral).

The process comprehends four production levels, a main access tunnel 7,5km long, 9.3m wide and 6.2m tall; a transport tunnel 6.5km long, 8.7m wide and 5.9m tall; five fresh air injection ramps 5km long and two air extraction shafts 1,000m deep and 11m free diameter, among many other works that will imply constructing, between 2011 and 2019, horizontal and vertical developments totaling 121km. Developments all throughout the project will reach over 1,000km.

It will have features that will make it unique at a worldwide level; for instance, the main conveyor transportation system having 6.5km long and 15% inclination, with 45MW of installed power, on which the mineral will be extracted to surface.

Tunnel designing will consider pedestrian connecting galleries, meant exclusively for personnel transit in case of emergency, from the access tunnel to

the transportation tunnel and vice versa. The mineral's main transportation tunnel is 8.7 x 5.9 meters of free finished section and 6,248m long, with a descending inclination of 15 percent.

As a design criteria, the tunnel section must present a contour as continuous as possible, avoiding vortexes or singular points that can generate tension concentration. The minimum driveway will be 3.5 meters.

## UNDERGROUND INFRASTRUCTURE

There are two infrastructure types needed for the mine's operation. Infrastructure works both permanent and temporary are required. The first correspond to those holding the operation during the project's entire useful life, while the second will support the operation only for the level they have been built for; they are, therefore, temporary and will be dismantled as the respective exploitation level is depleted and stops operating.

Permanent infrastructure is made up by works on surface, such as portals and pitheads in tunnels and pits, camp sites and other additional works; also

## ▼ A unique pit in the world

For the mine's ventilation it has been planned to create five clean air injection tunnels and five polluted air extraction tunnels of approximately 4.3km each, with inclinations between 8 and 15 percent, interconnected by various chimneys and, in the case of the extraction system, a pit of 11m diameter and 918m deep is being developed. *Courtesy of Codelco.*



A project that -due to its dimensions- has never been built before in Chile, is under execution by Codelco's Projects Vice-Presidency as a part of early works of the Underground Chuquicamata project. It is a 918m deep pit (7 times the height of the Entel Tower in Santiago) and 11m diameter, part of the main ventilation system of the future underground operation that will allow extracting air from inside the mine. By October 2014, the pit had an advance close to 140 meters. The work, in charge of the AME group (Aveng from South Africa and Mas Errázuriz from Chile), is being constructed from top to bottom through drilling and blasting, using a complex winches system that brings a five-story platform (and approximately 120 tons heavy) into the pit, through which operators and equipment come and go in kibles in which material is also extracted (marines). Among the equipment used, we highlight an 8-arm jumbo used for deep advance vertical drilling, later charged with explosives and detonated.



underground works, which will connect the underground mine to the surface, meeting tasks such as: generate access to the mine, inject fresh air and extract that polluted (ventilation system), among others.

Due to the functions and characteristics of these underground works, the main access tunnel will connect the surface to the production level and will be enabled for personnel transportation down to the underground industrial neighborhood, as well as transit for supply trucks, machinery, facilities and minor vehicles.

For the mine's ventilation, planning has included five clean air injection tunnels and five polluted air extraction ones approximately 4.3km each,

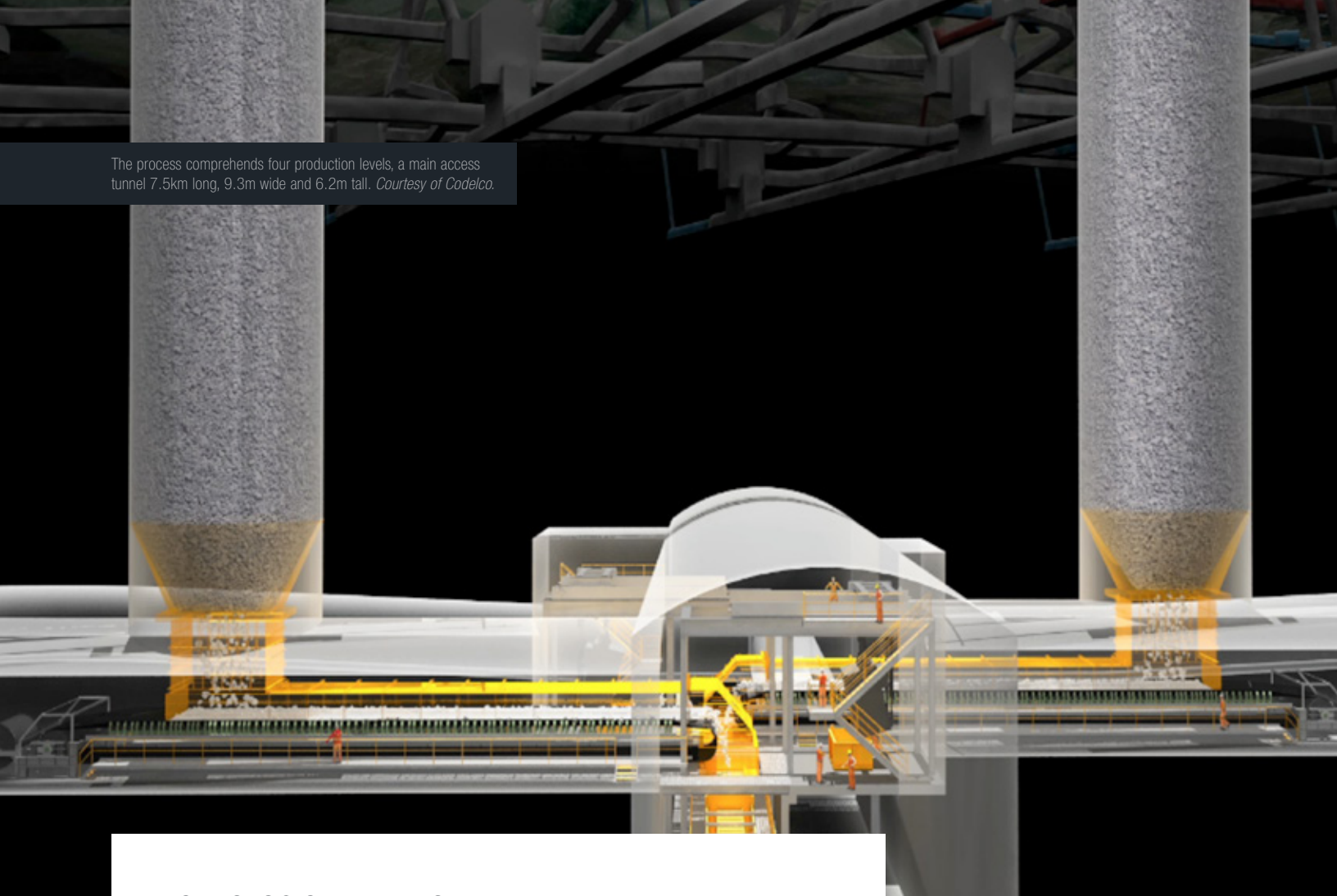
with inclinations between 8 and 15 percent, interconnected by various chimneys and including, in the case of the extraction system, pits with 11m diameter and 918m deep (see frame).

The sector's geology corresponds mainly to intrusive and meta-plutonic rocks of Chuquicamata's mountain complex, as well as the respecting hydro-thermal alterations.

Tunnel excavation will be mainly executed from the surface, with some parts being excavated also from inside the open pit. For tunnel construction, it has been generally decided to go for drilling and blasting methods (D&B), considering last generation techniques and equipment, as a way of achieving high quality and considerable

advance. Among these techniques, we can highlight optimized shooting diagram design, automatized drilling equipment, marine extraction with shaft shovel, high tonnage marine trucks, use of blasting emulsion, damage and vibration control, ventilation, among others. During construction, important underground water infiltrations are not considered, which is a positive thing. On another hand, possible presence of sulfates and other metals in eventual underground waters, probably derived from chemical processes, is an aspect to be monitored, since this can affect negatively durability of works. Another important aspect of the project has to do with the stress condition of the rock mass, since rock layers in some tunnels will go over 1,250m in its deepest parts.





The process comprehends four production levels, a main access tunnel 7.5km long, 9.3m wide and 6.2m tall. *Courtesy of Codelco.*

## TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT

Technology plays a key role in this megaproject, specially regarding safety and productivity. As an example, high levels of automation will be introduced, such as scoops (LHD or low profile loaders) and automatic drills. From the Integrated Operation and Management Center, which will be located on the surface of the mine's facilities, LHD semiautonomous equipment will be controlled as well as remote telecommand operations, meaning less hand labor since a person can operate more than one equipment remotely, allowing workers being less exposed to the risks in the underground mine.

Enterprises participating in the project's construction are using last generation technology and equipment currently available in the world market. For example, they are using computerized drilling jumbos with up to three arms and diesel-hydraulic

engine, continuous material loading equipment, among others.

Up to now, the project has considered conventional methodologies for tunnel construction. Nevertheless, along with the Technology and Innovation Management Department at Codelco's Main Offices, technical-economic feasibility is under discussion to use continuous tunneling machines (big drills not requiring drilling or blasting for making tunnels) for developing some air injection tunnels.

Also, work is being done with a German supplier for designing a prototype of a tunneling machine of small dimensions (for the development of production galleries of 4.6 x 3.8 meters which allows making tunnels with minor curve radius than traditional tunneling machines), with three moving heads, specially conceived for developing production galleries.



## ENVIRONMENT AND SAFETY

The project has its Environmental Impact Declaration approved and improves the operation conditions radically in aspect such as particle material emission (which will be reduced in 97%), sterile material dump handling (coming from exploitations, whether open or underground) and complete recirculation of liquid residuals. The Environmental Qualification Resolution for the Environmental Impact Declaration was obtained on October 1st 2010. Regarding safety, the mine will have the best standards in safety and occupational health in the mining industry worldwide; the same stands for innovational aspects, since it will incorporate the best technologies; for example, semiautonomous LHD, remote hammers, among others currently available in the market. Regarding

this aspect, all critical operations and equipment will be monitored and controlled at distance and in real time, from the mine's operation center.

The construction and beginning of operations at Underground Chuquicamata brings a great technical challenge in all operational aspects. After the seven-year-construction stage, ramp up is required (it is a period of progressive production increases, meaning, it is defined by the period comprehended from the start of production of a macro block until the moment it reaches its regime) for other 7 or 8 years until achieving a production regime of 140 thousand tons per day, which is something it would be done for the first time in underground mining worldwide. Another challenge will be the coexistence of both mines, open pit and underground, during one year of operation, which must be done without affecting production programs.

Among the technology and equipment currently used in the construction project, we highlight the use of computerized drilling jumbos with up to 3 arms and diesel-hydraulic engine, continuous material loading equipment, among others. *Courtesy of Codelco.*



It is important to highlight that reaching the end of 2014, Codelco's Board approved an historical investment of US\$3,306 million for executing the project, the biggest resource approval in the company's history, which adds to the US\$894 million already executed in other early works, totaling an investment of US\$4,200 million, which will allow transforming the centenary biggest open pit mine in the world into a giant and efficient underground operation, producing wealth for the country for 40 years more.





# **Mina Ministro Hales** ***Ministro Hales Mine***

*Gentileza Codeco,  
Courtesy of Codeco.*



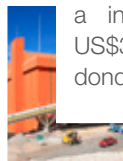


## Gigante tecnológico / *Technological giant*

- El yacimiento que por mucho tiempo se conoció como “Mansa Mina”, contempló una inversión de más de US\$ 3.000 millones y proyecta para su primer quinquenio (2014-2018) una producción de cobre fino al año cercana a 200.000 toneladas anuales.
- Su ejecución comprendió la construcción y el montaje industrial de diversas plantas, tales como: chancado primario, apilador de mineral grueso (stock pile), molienda, flotación, domo de concentrado, complejo de tostación, entre otras.
- En el prestripping de la mina, el más grande a nivel mundial, se removieron 228 millones de toneladas de material estéril, equivalentes a 70 veces el cerro Santa Lucía de Santiago.
- *A pit long known as “Mansa Mina”; it comprehended an investment of over US\$ 3,000 million and projects a production of fine copper close to 200,000 tons per year during its first quinquennium (2014-2018).*
- *Its execution comprehended construction and industrial assembly of several plants such as: primary crushing, stock pile, grinding, flotation, concentrate dome, among others.*
- *During the mine’s pre-stripping, the greatest worldwide, 228 million tons of sterile material were removed, the equivalent to 70 times the Santa Lucía Hill in Santiago.*



En operación desde fines de 2014, las nuevas instalaciones de la División Ministro Hales (DMH) de la Corporación Nacional del Cobre, Codelco, contempla la explotación de sulfuros de cobre con reservas económicamente explotables de 289 millones de toneladas de mineral, con una ley de 0,96% de cobre total, una ley de plata de 18,8 ppm y una razón estéril / mineral de 5 /1, que serán explotadas mediante minería a cielo abierto a un ritmo de 50.000 toneladas por día de mineral.



a inversión del proyecto totalizó US\$3.100 millones, para la operación donde se producirá calcina que será tratada en la fundición de la vecina División Chuquicamata, así como también concentrado de cobre como subproducto.

La producción de plata, en tanto, posicionará a Codelco como uno de los cinco actores principales de este mercado a nivel mundial.

De esta manera Codelco, a través de la ex “Mansa Mina” que estuvo en carpeta durante varios años antes de iniciar su construcción y que contempló una inversión superior a los US\$ 3 mil millones, proyecta para su primer quinquenio (2014-2018) una producción de cobre fino al año del orden de 200.000 toneladas y cerca de 350 toneladas de plata por año.

## Ficha Técnica

### MINA MINISTRO HALES

Mandante	<b>Codelco</b>
Constructoras	<b>SalfaCorp, SigdoKoppers, Outotec, DSD – Echeverría Izquierdo, Montec, Icafal, Inarco, entre otras.</b>
Ubicación	<b>Calama, II Región de Antofagasta</b>
Tipo de explotación	<b>Mina a rajo abierto</b>
Inversión total estimada	<b>Más de US\$ 3.000 millones</b>
Producción a régimen	<b>Del orden de 200 mil toneladas de cobre fino al año</b>
Operación estimada	<b>A fines de 2014</b>
Vida útil	<b>17 años (con posibilidad de continuar con minería subterránea)</b>



## EL PROYECTO

La División Ministro Hales se emplaza en la región de Antofagasta, a 5 km de Calama, y su concepción se remonta al 2010 cuando Codelco decide expandir el número de sus divisiones. Para fraguar esta tarea, la cuprífera mandató a su Vicepresidencia de Proyectos (VP), quien se encargó de crear y operar las instalaciones.

El mineral extraído será procesado en una planta concentradora stand alone de una capacidad de producción diaria de 50.000 toneladas de mineral, en un proceso que comprende una línea de chancado primario, molienda SAG y dos molinos de bolas, flotación selectiva mediante el uso de celdas gigantes, y plantas de tostación, de ácido y planta de tratamiento de efluentes.

El área de infraestructura se emplaza al sur del rajo, en una superficie cercada

de aproximadamente 126 hectáreas donde se encuentran las instalaciones que prestarán servicios de mantenimiento -taller de camiones, naves de lubricación y de lavado de equipos, patio de neumáticos y bodegas-, como también las instalaciones de administración e ingeniería: bodegas, instalaciones para contratistas, atención del personal y una estación de combustible de vehículos menores. El diseño consideró un barrio cívico urbanizado cercano al área.

El primer proyecto estructural de Codelco comprende una estación de chancado primario, una correa overland de 2.900 metros que alimenta el acopio de mineral grueso (stock pile); una planta de molienda convencional que incluye un molino SAG de 36 pies, chancado de pebbles, dos molinos de bolas de 22 pies,

batería de ciclones, flotación primaria, dos molinos verticales, limpieza primaria y secundaria, espesamiento y transporte de relaves, espesamiento de concentrado y una planta de filtrado.

En el área de tostación se consideró un domo de 20.000 toneladas de almacenamiento de concentrado, un tostador de 450.000 ton/a, una planta de ácido, una planta de tratamiento de efluentes, sistema de almacenamiento de calcina y sistema neumático de transporte de esta. De acuerdo a lo que se plantea en Codelco, es primera vez que un proyecto de cobre en Chile incluye una planta de tostación de arsénico de lecho fluidizado, nueva tecnología que permite remover el arsénico en etapas tempranas del proceso, y que ha significado capacitar a los futuros operadores de esta área de la DMH.

*Gentileza Codelco.*



El proyecto contempló una inversión superior a los US\$ 3.000 millones y proyecta para su primer quinquenio (2014-2018) una producción de cobre fino al año del orden de 200.000 toneladas. *Gentileza Codelco.*



## MONTAJE INDUSTRIAL

La empresa Echeverría Izquierdo S.A., a través de su filial Montajes Industriales, se adjudicó en 2012 tres contratos en Ministro Hales; dos de ellos que desarrolló en consorcio con la empresa DSD, que correspondieron a las Obras Civiles y Montaje Electromecánico del área Espesamiento y Relaves, y a las Obras Civiles y Montaje Electromecánico de una Planta de Osmosis Inversa. El tercero es un contrato EPC (Engineering, Procurement, Construction) por la construcción de dos plantas de lechada de cal.

El contrato de obras civiles y montaje electromecánico de espesamiento de relaves y concentrados de la mina, se dividió en tres áreas principales, las cuales consideraron todos los trabajos de obras civiles, montaje de estructuras, cañerías, mecánica, eléctricos y de instrumentación para su completo funcionamiento”. El proceso se dividió así:

» **1** El área 3000 que es precisamente el sector de espesamiento de relaves y concentrados, contempló el montaje de cuatro espesadores, dos de relaves de 100 m de diámetro y dos de concentrado de 50 m de diámetro. A la vez se consideró la construcción de una serie de piscinas de emergencia en hormigón armado y las salas de bomba de relaves y concentrado y estanques de relaves, además de una sala de compresores, dos salas eléctricas y una planta de floculantes. Estas últimas consistieron en fundaciones y radieres de hormigón armado con estructuras metálicas revestidas con planchas metálicas. En cambio las salas eléctricas se entregaron prefabricadas en módulos tipo contenedor metálico, para lo cual se debieron construir losas de fundación con una serie de pedestales altos sobre los que descansaban las salas.







»»**2** El área 5000 que corresponde al sitio de tostación, incluyó los edificios de tolvas de calcina, donde por sus grandes dimensiones y pesos llegaron desarmadas a terreno, razón por la cual al pie del edificio se debieron armar por parte, las que se fueron montando en forma paralela y secuencial con la estructura de este. Las tolvas en sí requirieron de una gran cantidad de soldadura para unirlos. Además se incorporó vasos presurizados para transporte neumático, ecometales, sala de compresores y dos salas eléctricas.

»»**3** El área 6000, llamada de Infraestructura, consideró las líneas de piping enterrado para el ducto de relave y para la conducción de agua desde el reservorio de Chuquicamata hasta dos nuevas piscinas revestidas en HDPE (agua fresca y de proceso) y sus interconexiones, líneas de red de incendio y alcantarillado, estanques varios, romanas, planta de tratamiento de agua, entre otras. En esta etapa se trabajó con cañerías de acero y HDPE. En el caso de las cañerías de acero se trabajó en base a isométricos en las líneas dentro de las plantas de proceso (uniones soldadas y victaulic) y directamente en terreno en los pipeline de las líneas de relave hacia el tranque y agua que trajimos desde Chuquicamata. Las líneas de HDPE se utilizaron principalmente en las redes de incendio y líneas de proceso enterradas.



En el área 5000 que corresponde al sitio de tostación, se consideraron los edificios de tolvas de calcina, vasos presurizados para transporte neumático, ecometales, sala de compresores y dos salas eléctricas. *Gentileza Codelco.*



## **BARRIO CÍVICO DIVISIONAL DMH DESAFÍOS**

Conformado por una superficie de 7.500 m<sup>2</sup>, más un Centro Integrado de Operaciones (C.I.O.) se encuentra el Barrio Cívico del proyecto explotación mina Ministro Hales. Con una superficie de 1.600 m<sup>2</sup>, el C.I.O. cuenta con oficinas, casino, cocina, casa de cambio para hombres y mujeres, policlínico, bomberos, sala de inducción, complejo control de acceso servicios, sala multiuso y gimnasio.

Este centro es un edificio data center nivel TIER III para asegurar disponibilidad y confiabilidad, que cuenta con infraestructura de mantenimiento simultáneo, para lo que se incorporan componentes redundantes, vías de distribución redundantes, lo que implica que componentes pueden ser removidos en mantenciones programadas sin generar interrupciones del sistema. El edificio además, está provisto de un sistema de disipadores y aisladores sísmicos que permiten un óptimo comportamiento en caso de movimientos telúricos.

La ingeniería y construcción del barrio cívico del proyecto, fue adjudicada a Constructora Inarco, bajo la modalidad de un contrato tipo E.P.C. (Engineering, Procurement, Construction).

El desarrollo del yacimiento ha enfrentado varios retos. Uno de ellos es la construcción de una planta de tostación de concentrados que permitirá el procesamiento de calcina rica en cobre para ser transformada en cátodos, instalación inédita en el país.

Otro desafío consistió en traer el agua desde Pampa Puno, ubicada a más de 90 km en la alta cordillera. Para ello se construyeron cinco pozos de extracción de aguas subterráneas y un sistema de aducción de más de 100 km de extensión. Según la estatal, otra particularidad del proyecto es el de las sinergias que éste tendrá con sus operaciones vecinas. Entre las principales, se pueden indicar algunas tan importantes como el tratamiento de las calcinas en la Fundición de Chuquicamata y la disposición de los relaves en el tranque Talabre.

En relación con el ya finalizado prestripping de la mina, el que –aseguran desde la empresa- es el más grande de la historia mundial de la minería, con 228 millones de toneladas de estéril removidas, las variables ambientales y comunitarias fueron las más relevantes en esta tarea, dada la cercanía del yacimiento con zonas urbanas de Calama. Por ello, se puso especial



atención a las tronaduras y al control de polvo, aplicando nuevas tecnologías de construcción. Así, se optó por un nuevo proceso de tronaduras, que tiene la característica de ser más silencioso y reducir a niveles mínimos la vibración. En esa línea, todo un hito lo constituyó la primera tronadura de prueba, efectuada el 13 de mayo de 2011, que comprobó el buen funcionamiento de los sistemas de control y monitoreo diseñados para evitar impactos sobre la comunidad de Calama.

## TECNOLOGÍAS

Dentro de los equipos mineros principales que operan en DMH, se cuenta actualmente con 22 camiones de extracción de 400 toneladas cortas (360 toneladas métricas) y un motor de 4.000 HP. Durante el desarrollo de la mina la dotación de camiones llegó a un número cercano a 57 camiones. La flota contempló, además, cuatro perforadoras eléctricas de gran diámetro (12 ¼" y 10 5/8"), modelo CAT MD 6640 (ex Bucyrus 49 HR). Se suman a estos equipos, siete bulldozer de 850 HP, cuatro wheeldozer, tres motoniveladoras y tres camiones regadores, que conforman el

equipamiento de movimiento de tierra y apoyo. El chancador primario tiene un tamaño de 63" x 89", con una potencia de 1341 HP, que permitirá chancar mineral a un ritmo de 4.400 ton/hora.

Por otro lado, la descarga de los camiones de extracción en el chancador se realiza en una instalación encapsulada para el control de las emisiones de polvo que posee adicionalmente un sistema supresor de polvo. Asimismo, se utilizó un equipo, único en Chile; se trata del sleipner, el cual está compuesto por un conjunto de ruedas unidas por un eje, y que sirven para el transporte de palas hidráulicas no mayores a 350 toneladas, optimizando hasta en un 80% el proceso de desgaste de la oruga. Antes de la llegada de este equipo, las palas oruga que operan en DMH se trasladaban de un lugar a otro a una velocidad de dos a tres kilómetros por hora, deteniendo la máquina cada 10 o 15 minutos, para disipar la temperatura de los polines, desgastando también de manera significativa el tren de rodaje, lo que implicaba gastos importantes en su mantención y reparación. Ahora, con el uso del sleipner, la velocidad de transporte alcanza un promedio de 15 kilómetros por hora, trasladando la oruga de manera paralela al suelo, sin tocarlo.



Fin del prestripping, se tuvo que remover 228 millones de toneladas de material estéril, equivalentes a 70 veces el cerro Santa Lucía de Santiago. *Gentileza Codelco.*





El proceso de uso de este equipo comienza con el chequeo de presión y temperatura de sus neumáticos. Luego, la misma excavadora que será transportada ordena los neumáticos frente a sus orugas gracias a unos ganchos de acero instalados en la parte superior del equipo. La pala hidráulica se posiciona dos veces sobre el sleipner a modo de prueba; al descender de ese proceso se acerca a un camión de alto tonelaje que se instala con su tolva en la parte frontal de la excavadora. En ese momento, se levanta el stick de la pala y posiciona su balde en la tolva del camión, quedando ambos equipos enganchados. Ambas máquinas retroceden y la oruga sube su parte trasera sobre el sleipner. La pala queda paralela sobre el suelo, con cuatro ruedas traseras y el camión comienza el proceso de traslado.

Por la envergadura del proyecto y sus cantidades de obras, es indispensable contar con camiones de bombeo de hormigón que hace que los trabajos se desarrollen con mayor rapidez, y en los montajes estructurales y mecánicos, se requiere de una gran cantidad de grúas algunas de las cuales requieren gran capacidad y alcance. El incorporar

tecnología de punta en los procesos mineros y en general en la operación, es uno de los conceptos priorizados por DMH, en cada una de sus áreas.

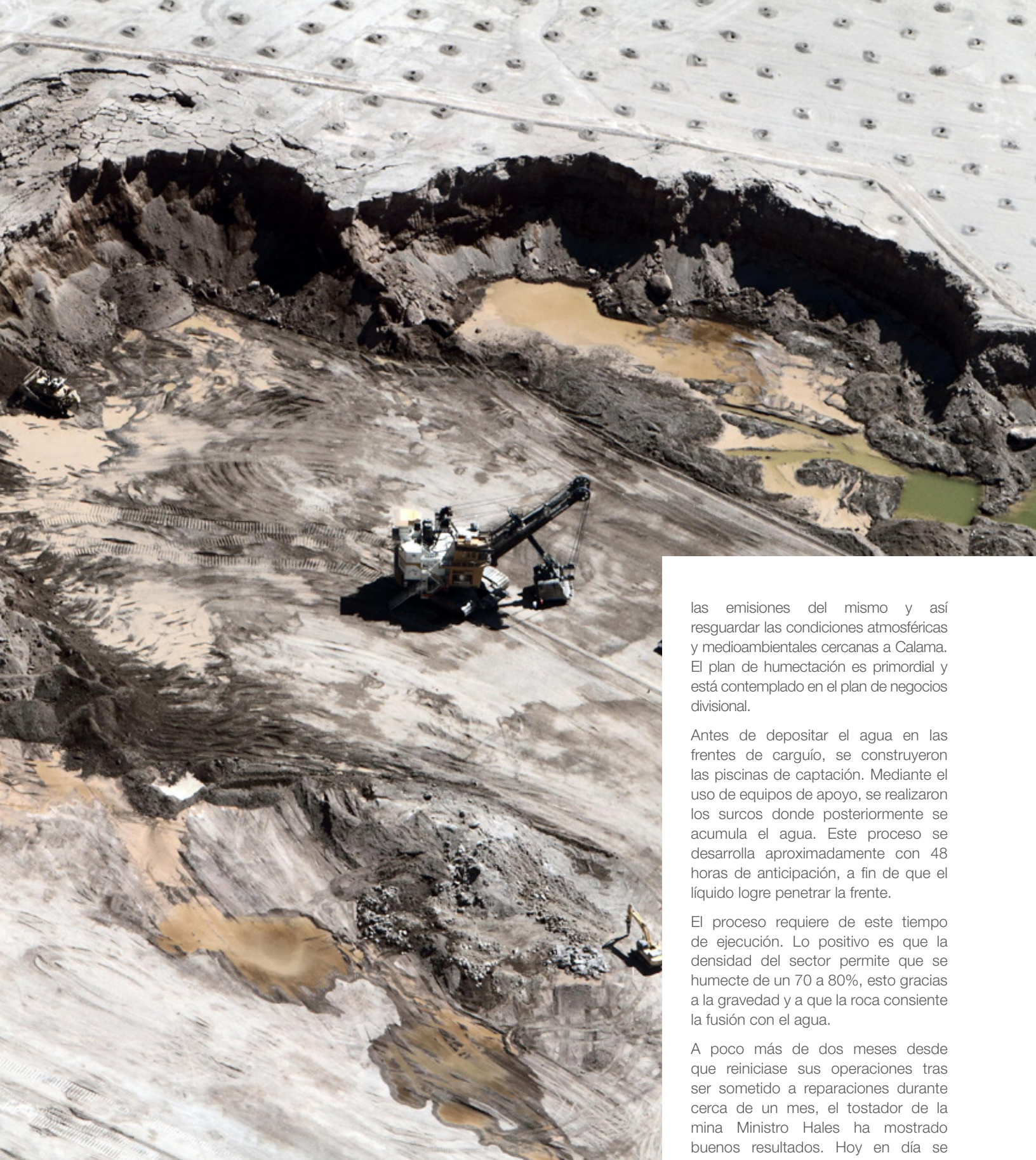
## HUMECTACIÓN

La innovación es uno de los principios fundamentales en el desarrollo productivo de la División Ministro Hales de Codelco. Uno de los ejemplos más claros y que da cuenta de este proceso creativo, es el Plan de Humectación de las frentes de carguío, al interior del área de Operaciones Mina de la División.

Este proyecto se comenzó a aplicar desde el inicio del prestripping y consistió en generar la recirculación del recurso hídrico que se encuentra en la mina, a través de la construcción de piscinas sobre los bancos del rajo. Sobre ellos se deposita un gran volumen de agua que percola a sus niveles inferiores, permitiendo que las palas carguen material húmedo, evitando el exceso de polvo en suspensión.

La humectación se convierte en un elemento fundamental en el control del polvo, permitiendo reducir drásticamente





Fin del prestripping, se tuvo que remover 228 millones de toneladas de material estéril, equivalentes a 70 veces el cerro Santa Lucía de Santiago. *Gentileza Codelco.*

las emisiones del mismo y así resguardar las condiciones atmosféricas y medioambientales cercanas a Calama. El plan de humectación es primordial y está contemplado en el plan de negocios divisional.

Antes de depositar el agua en las frentes de carguío, se construyeron las piscinas de captación. Mediante el uso de equipos de apoyo, se realizaron los surcos donde posteriormente se acumula el agua. Este proceso se desarrolla aproximadamente con 48 horas de anticipación, a fin de que el líquido logre penetrar la frente.

El proceso requiere de este tiempo de ejecución. Lo positivo es que la densidad del sector permite que se humecte de un 70 a 80%, esto gracias a la gravedad y a que la roca consiente la fusión con el agua.

A poco más de dos meses desde que reiniciase sus operaciones tras ser sometido a reparaciones durante cerca de un mes, el tostador de la mina Ministro Hales ha mostrado buenos resultados. Hoy en día se está operando casi 20 horas diarias, produciendo entre 1.000 a 1.200 toneladas de calcina.



Operational since end 2014, the new facilities at Ministro Hales Division (DMH in Spanish) belonging to the Copper National Corporation (Codelco), contemplates exploitation of copper sulfur with economically exploitable reserves of 289 million tons of mineral, with an average grade of total copper of 0.96%, an average grade of silver of 18.8 ppm and sterile material 5/1, that will be exploited through open sky mining and at a rhythm of 50,000 tons of mineral per day.



The project's investment totaled US\$ 3,100 million, for the operation of producing calcine which will be later treated at Chuquicamata's smelter, the neighboring Division, as well as copper concentrate as a sub-product. Silver production in the meantime, will place Codelco as one of the five main participants in this market worldwide.

This way, and through its former "Mansa Mina", filed during several years before starting its construction, contemplating an investment over US\$ 3,000 million, Codelco projects a production of fine copper rounding 200,000 tons and nearly 350 tons of silver per year during its first quinquennium (2014-2018).

Technical info	
<b>MINISTRO HALES MINE</b>	
Client	Codelco
Construction companies	Salfacorp, SigdoKoppers, Outotec, DSD – Echeverría Izquierdo, Montec, Icafal, Inarco, among others.
Location	Calama, II Region of Antofagasta
Exploitation type	Open pit mine
Total estimated investment	Over US\$ 3,000 million
Production at regime	Around 200 thousand tons of fine copper per year
Estimated operation	End of 2014
Useful life	17 years (with possibility to continue with underground mining)





## THE PROJECT

The Ministro Hales Division takes place in the Region of Antofagasta, five kilometers from Calama, and its conception goes back to 2010 when Codelco decides to expand the number of its Divisions. For meeting such task, the copper company trusted its Projects Vice Presidency (VP), which took charge in creating and operating such facilities.

The extracted mineral will be processed at a stand-alone concentrating plant, with a daily production capacity of 50,000 tons of mineral, in a process comprehending a primary crushing line, SAG grinding and two ball mills, selective flotation by using giant cells, and roasting and acid plants, as well as an effluent treatment plant.

The infrastructure area stands south of the pit, in a closed surface of approximately 128 hectares, where facilities providing maintenance service are –truck shop, lubrication and equipment washing, tire yard and warehouses-, as well as facilities for administration and engineering: warehouses, facilities for contractors, personnel attention and a fuel station for minor vehicles. The design considered an urbanized civic neighborhood close to the area.

Codelco's first structural project comprehends a primary crushing station, a 2,900m overland conveyor feeding the stock pile, a conventional grinding plant including a 36 feet SAG mill, pebble crushing, two 22

feet ball mills, cyclone battery, primary flotation, two vertical mills, primary and secondary cleaning, thickening and tailing transport, concentrate thickening and a filtering plant.

At the roasting area, a concentrate dome with 20,000 tons of capacity was considered, a 450,000 ton/a toaster, an acid plant, an effluent treatment plant, calcine storage system and a pneumatic transport system. According to what Codelco states, it is the first time a copper project in Chile includes an arsenic toasting plant with fluidized bed, a new technology which allows removing arsenic at early stages of the process and has required training future operators of this area at the Division.

*Courtesy of Codelco.*



The project contemplated an investment over US\$ 3,000 million and projects for its first quinquennium (2014-2018) a production of fine copper rounding 200,000 tons per year. *Courtesy of Codelco.*



## INDUSTRIAL ASSEMBLY

The Echeverría Izquierdo S.A. company, through its Industrial Assemblies subsidiary, got three contracts for Ministro Hales in 2012, two of which were developed side by side with DSD Enterprises, corresponding to Civil Works and Electro-Mechanic Assembly of the thickening and tailings area, and Civil Works and Electro-Mechanic Assembly of an Inverse Osmosis Plant. The third is an EPC contract (engineering, procurement, construction) for constructing two lime slurry plants.

The contract in civil works and electro-mechanic assembly for tailing thickening and mine concentrates was divided in three main areas, which considered all civil works, structure assembly, piping, mechanics, electric and instrumentation for its full operations. The process was divided as it follows:

» **1** Area 3,000, which is precisely the one for tailings and concentrate thickening, contemplated assembly of four thickeners, two for tailings with 100m diameter and two for concentrates with 50m diameter. At the same time, it was considered the construction of a series of emergency pools in reinforced concrete and the tailing and concentrate pump and tailing tank rooms, also a compressors room, two electric rooms and a flocculants plant. These last consisted in foundations and slabs made of reinforced concrete with metallic structures covered by metallic plates. As for the electric rooms, they were pre-made, in modules of the metallic-container type for which foundation slabs had to be built with a series of tall pedestals on which rooms lay.







»» **2** Area 5,000, corresponding to the roasting site, included calcine hopper buildings, that came disassembled to site because of their great weight and dimensions, reason for which they had to be assembled part by part at the feet of the building; they were assembled in parallel and sequentially with each structure. The hoppers required a great amount of welding for joining them together. Also, pressurized vessels were incorporated for pneumatic transport, ecometals, compressors room and two electric rooms.

»» **3** Area 6,000, called infrastructure, considered buried pipelines for the tailing pipeline and water conduction from Chuquicamata's reservoir to two new pools coated in HDPE (fresh and process water) and their interconnections, fire and sewer network lines, several tanks, steelyards, water treatment plants, among others. At this stage steel piping and HDPE were used. In the case of steel pipes, work was done based on isometrics in the lines inside process plants (welded jointures and Victaulic), and directly on site in pipelines of the tailing lines towards the dam and water brought from Chuquicamata. The HDPE lines were mainly used in fire networks and buried process lines.



In area 5000 corresponding to the roasting site, calcine hopper buildings were considered, pressurized vessels for pneumatic transport, ecometals, compressors room and two electric rooms. *Courtesy of Codelco.*



## DMH DIVISIONAL CIVIC NEIGHBORHOOD

Covering a surface of 7,500 m<sup>2</sup>, plus an Integrated Operations center (O.I.C. in Spanish), stands the Civic Neighborhood of the exploitation project Ministro Hales Mine. With a surface of 1,600 m<sup>2</sup>, the C.I.O. has offices, casino, kitchen, dressing rooms for both man and women, a primary health center, firefighters, induction room, an access control complex, services, room for multiple use and a gym.

Such center is a data center TIER III level building for ensuring availability and reliability; it has a simultaneous maintenance structure, for which redundant components and redundant distribution channels are incorporated, implying components can be removed during scheduled maintenances without generating interruptions in the system. The building is also equipped with a dissipaters system and seismic isolators, allowing optimal behavior in case of telluric movement.

Both the engineering and construction of the project's civic neighborhood were granted to Inarco Construction Co., under the form of an E.P.C.-type contract (Engineering, Procurement, Construction).

## CHALLENGES

The development of the pit has faced several challenges. One of them is the construction of a concentrate roasting plant that will allow processing calcine rich in copper to be later transformed into cathodes, a facility never before seen in the country.

Another challenge consisted in bringing water from Pampa Puno, located at more than 90km up the mountain range. For doing so, it was decided to build five underground water extraction wells and an adduction system with more than 100km of extension. According to the company, another particularity of the project is the synergy it will have with the neighboring operations. Among the main, some important as the calcine treatment at the Chuquicamata smelter and the disposition of tailings at the Talabre dam.

Regarding the already finished mine pre-stripping, which -assured by the company itself- is the biggest in history of world mining, with 228 million tons of sterile removed, the environmental and community variables were the most relevant in this task, given the proximity of the pit to Calama's urban areas. For doing so, special attention was paid to blasting and dust control, applying new



construction technologies. Therefore, the choice was a new blasting process, having the characteristic of being more silent and reducing vibration levels at a minimum. In the same line, a highlight was the moment of the first blasting test, carried out on May 13<sup>th</sup> 2011, which proved the correct function of the control and monitor systems designed for avoiding impact on Calama's community.

## TECHNOLOGIES

Among the main mining equipment operating at DMH, there are currently 22 extraction trucks of 400 short tons (360 metric tons) and a 4,000 HP engine. During the mine's development the truck fleet came to a number close to 57 trucks. The fleet also contemplated four electric drills of great diameter (12 1/4" and 10 5/8"), model CAT MD 6640 (former Bucyrus 49 HR). Add to this equipment, seven 850HP bulldozers, four wheeldozer,

three motor graders and three sprinkling trucks, conforming the earth movement and support equipment. The primary crusher has a size of 63" x 89", with 1341 HP, allowing mineral crushing at a rhythm of 4,400 ton/hour.

On another hand, unloading extraction trucks into the crusher takes place at a capsuled facility for controlling dust emissions which also has a dust suppressing system. Additionally, a unique piece of equipment in Chile was used, it is the sleipner, which is made up by a set of wheels meeting at an axis, and transports hydraulic shovels no heavier than 350 tons, optimizing in up to 80% the process of wearing out crawlers. Before the arrival of this equipment, the hopper shovels operating at DMH were taken from one place to another at a speed of two to three kilometers per hour, stopping the machine every 10 or 15 minutes to dissipate temperature in poles, wearing out the running gear seriously, which implied important costs in maintenance and fixing. Now, with the



End of pre-stripping, 228 million tons of sterile material had to be removed, the equivalent of 70 times the Santa Lucía Hill in Santiago. *Courtesy of Codelco.*



DMH divisional civic neighborhood. *Courtesy of Codelco.*

use of the sleipner, the transport speed reaches an average of 15 kilometers per hour, moving the crawler parallel to the ground, without touching it.

The process of use of this equipment begins with pressure and temperature checking in tires. Then, the same excavator that will be transported places the tires in front of their crawler with the aid of steel hooks installed in the upper part of the equipment. The hydraulic shovel is put twice on the sleipner for testing; when descending from that process, a high tonnage truck approaches and takes place in front of the excavator with its hopper. At that moment, the shovel's stick raises and places its basket in the truck's hopper, leaving both pieces of equipment hooked. Both machines step back and the crawler sets its rear on the sleipner. The shovel remains parallel above the ground, with four rear wheels and so the transport process begins.

Because of the project's size and its amount of works, it is crucial to have concrete pumping trucks which make works develop faster; and in mechanic

and industrial assemblies a great amount of cranes is needed, some requiring great capacity and reach. Incorporating top technology in mining processes and the operation in general, is one priority concept at DMH in each of its areas.

## MOISTURIZING

Innovation is one of the fundamental principles in the productive development at Ministro Hales Division of Codelco. One of the clearest examples proving such creative process is the Moisturizing Plan of the loading fronts, inside the Mine Operations area of the Division.

This project started to run from the beginning of the pre-stripping and consisted in generating recirculation of hydro resources found at the mine by constructing pools on the pit's banks. A great volume of water is poured into them, which percolates to its lower levels allowing shovels to load wet material, avoiding excess in suspended dust.

Moisturizing becomes a key element in controlling dust, which allows reducing





End of pre-stripping, 228 million tons of sterile material had to be removed, the equivalent of 70 times the Santa Lucía Hill in Santiago. *Courtesy of Codelco.*

emissions drastically and this way take care of the atmospheric and environmental conditions in the area near Calama. The moisturizing plan is crucial and therefore a part of the divisional business plan.

Before pouring water in the loading fronts, collection pools were created. With the aid of support teams, the furrows where water is accumulated were then done. This process is developed with 48 hours of anticipation as a way of making the liquid penetrate the front.

This process requires such time of execution. The positive thing is that density in the sector allows moisturizing from 70% to 80%, this thanks to gravity and that rocks consent fusion with water.

About two months after starting operations, after being under repair for nearly a month, the roaster in the Ministro Hales mine has shown good results. Nowadays, it is operating nearly 20 hours daily, producing between 1,000 and 1,200 tons of calcines.



## Conclusiones

Si bien la minería ha sido uno de los rubros que se han visto más afectados debido a la desaceleración y a la caída de la manufactura en Chile, las proyecciones del gremio se observan positivas en 2015. Ello, a pesar de la inestabilidad económica observada en los principales mercados demandantes de cobre, al fortalecimiento del dólar y a la caída del precio del petróleo.

Además, aunque China creció tan solo un 7,3% en el tercer trimestre del año, cifra que igualó la vivida por el gigante asiático en 2009 en plena crisis sub-prime, en el sector hay un moderado optimismo, debido a que entre el 2000 y el 2013, los chinos incrementaron su consumo de cobre de manera sostenida.

Este escenario permite prever que el precio del metal oscilará en torno a US\$ 3 la libra como promedio anual (a pesar de los pronósticos más pesimistas que lo sitúan por debajo de esta cifra), lo que proyecta un mercado relativamente equilibrado, con un leve superávit de cobre para 2015.

Al margen de la fluctuación de los mercados internacionales, si bien el nivel de crecimiento de 2014 fue de un 2%, en 2015 existe una proyección del sector en

torno al 5%, debido a que, básicamente, los proyectos Ministro Hales, Caserones y Sierra Gorda, estarán operativos este año, en un 100 por ciento.

Se debe tener presente que una de las características de la industria minera es precisamente que se enfrenta a ciclos de precios y en este momento se observan cotizaciones del metal inferiores respecto de las que se observaron años atrás.

De persistir la menor cotización del cobre, se debería producir un ajuste en la oferta, debido a menor producción de aquellas compañías mineras que muestran mayores costos, lo que gatillaría al alza el precio o bien pondría un muro de contención para que la cotización no siga el ritmo decreciente de los últimos meses.

### REDUCCIÓN DE COSTOS

Chile posee una robusta cartera de inversiones, con cerca de 53 proyectos a materializar al año 2021; sin embargo, por diversas razones tanto propias de las compañías como externas se ha ralentizado el desarrollo de estas iniciativas.







Es así como para el 2015 se proyectan inversiones mineras en cobre en torno a los US\$ 8 mil millones y el ingreso de importantes proyectos como Antucoya y Escondida OGP I, lo que sumado a la entrada en operaciones de iniciativas como Sierra Gorda y Caserones, entre otras, permiten prever una producción de cobre de 6,2 millones de toneladas, un 7% más respecto del 2014.

No obstante, el gran desafío de las mineras estará puesto en la contención de los costos. Entre las líneas de acción está la renegociación de contratos con terceros, principal herramienta para buscar ahorros. En algunas también ha habido bajas en las dotaciones.

A modo de ejemplo, Codelco anunció un ambicioso plan de contención de costos y aumento de la productividad, en respuesta a los bajos precios que registra el cobre. La medida permitirá a la empresa ahorros por US\$ 1.000 millones durante 2015. Este esfuerzo significa una reducción en los costos totales de 22,6 centavos la libra, llegando a un nivel de 215,4 centavos la libra y una disminución en el costo directo (C1) de 19,3 centavos la libra, llegando a 139,8 centavos la libra, en relación al presupuesto.



Unas de las líneas de acción de la estatal será el buscar generar ahorros por US\$ 500 millones como consecuencia de medidas para elevar la eficiencia y la productividad de la cuprífera, provenientes de optimización de indicadores de consumos (materiales, energía y combustibles), racionalización de contratos (niveles de actividad, precios y alcances), gestión de mantenimiento y disminución de consultorías, estudios, inversiones y otros.

El plan también incluye medidas para aprovechar las oportunidades generadas por la caída del precio de los insumos críticos, particularmente el petróleo. En este ámbito se incluyen además los efectos compensatorios del actual tipo de cambio. Por estos conceptos se espera reducir costos por otros US\$ 500 millones, vía renegociación de contratos.

## DEMANDA

Según proyecciones de la Comisión Chilena del Cobre (Cochilco), para el año 2015 se estima un crecimiento global de la demanda de 22,7 millones de TM, lo que implica un alza de 3,1% respecto de 2014. En relación con China – país que este año aumentará su participación en el consumo global de 46,8% registrado en 2013 a 49,3%, se estima que la demanda de la nación asiática crecerá este año cerca de 9 por ciento.

En relación a las perspectivas de consumo de cobre de China para 2015

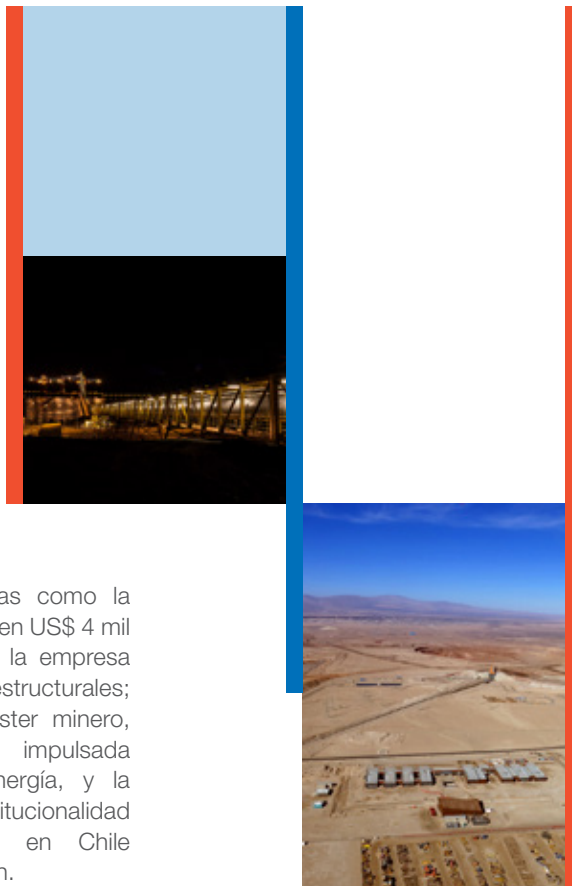
se espera que esta aumente 4,5%, sin cambios respecto a lo proyectado en junio pasado. La menor tasa se debe, por una parte, al fuerte crecimiento de consumo de los años 2013 y 2014 que aumenta la base de comparación y por otra parte, se anticipa una menor demanda de cobre para apalancamiento financiero debido a la progresiva imposición de restricciones de acceso a crédito con garantía en metales.

## PRODUCCIÓN

En relación a la producción mundial de cobre mina, Cochilco prevé la producción para 2015 de 20,4 millones de toneladas, esto es 6,1% por sobre lo estimado para 2014. El aumento más significativo provendría de Chile (+396 mil TM), asociado a nuevas operaciones mineras, Mina Ministro Hales, Sierra Gorda, Caserones línea Sulfuros y Antucoya. Le sigue en importancia México (+156 mil TM) por mayor producción de Buenavista y Boleo; y Perú (+135 mil TM) por la expansión de Toromocho y Constanza; y la entrada en producción de Las Bambas.

Respecto a la proyección de producción de cobre de Chile para este año, se estima que la producción llegará a 6,23 millones de TM con una expansión de 6,8% y un aumento de 396 mil TM en relación a 2014. Dicha producción provendrá de proyectos que comenzaron sus ciclos productivos en 2013 o 2014, principalmente Mina Ministro Hales, Caserones y Sierra Gorda, esta última





que se encuentra en fase progresiva de aumento de producción a medida que alcanza su capacidad de diseño.

## MANO DE OBRA

Según la Corporación de Bienes de Capital (CBC), en los últimos años el aporte promedio en puestos de trabajo de los proyectos de inversión en construcción ha fluctuado entre 100.000 y 122.000.

En cuanto a los sectores, minería anotará un peak de 44 mil empleos durante la última parte de 2018; superior a los 31.374 puestos de trabajo estimados en el trimestre anterior para la segunda parte de 2017.

La tendencia indica que la mayor cantidad de empleo directo generado por los proyectos privados y públicos en construcción en el quinquenio 2014-2018, se produciría entre el último trimestre de 2015 y el primer cuarto de 2016, con 118.169 puestos de trabajo.

## FORTALECIMIENTO DE LA INVERSIÓN

Ante el actual panorama de desaceleración, el gobierno se ha propuesto promover diferentes líneas de acción que permitan a las empresas mineras poner en marcha aquellos proyectos que han postergado su fecha de inicio de operaciones, fortaleciendo la inversión minera en Chile.

En ese sentido, iniciativas como la capitalización de Codelco en US\$ 4 mil millones, que permitirá a la empresa desarrollar sus proyectos estructurales; el fortalecimiento del cluster minero, la Agenda Energética impulsada por el Ministerio de Energía, y la modernización de la institucionalidad de inversión extranjera en Chile apuntan en dicha dirección.

La productividad del sector minero nacional ha estado cayendo por una serie de factores estructurales como la caída en la ley del mineral, mayores distancias de acarreo, mayor dureza de la roca, así como otros externos como altos precios de la energía y escasez hídrica.

Pese a estas dificultades, las empresas están realizando esfuerzos por aumentar la producción de cobre que este año el gobierno prevé llegará a 6 millones de toneladas, un récord histórico para el país; y a 6,2 millones de toneladas en 2015. De materializarse en los tiempos previstos, la cartera de inversiones mineras valorizada en US\$ 105 mil millones, la producción de cobre al 2021 llegará a 8,5 millones de toneladas, un 48% más que en 2013.

La competitividad de la minería chilena se encuentra en un momento desafiante. Está en manos de las empresas mineras y de las autoridades, en lo que corresponde a cada uno, revertir el menor dinamismo que se viene materializando desde fines de 2013.

## Conclusions

Even though mining has been one of the most affected areas due to a deceleration and the downfall of manufacturing in Chile, the guild's projection seems positive for 2015. This in spite of the economic instability observed in the main copper-demanding markets, dollar strengthening and the fall in prices of petrol.

Also, although China grew just 7.3% in the year's first trimester, a figure that matches the one the Asian Giant went through in 2009 in the middle of the sub-prime crisis, there is a moderate optimism because between 2000 and 2013 the Chinese increased their copper consumption steadily.

This scenario allows foreseeing that the price of metal will oscillate around US\$ 3 per pound as an annual average (in spite of the more pessimistic placing it below this number), which projects a relatively balanced market, with a slight copper surplus for 2015.

Disregarding fluctuation of international markets, and even though growth rate in 2014 was 2%, there is a sector projection rounding 5% for 2015; this due to the fact that, basically, projects

Ministro Hales, Caserones and Sierra Gorda will be operational this year at a 100 percent.

It must be noticed that one of the characteristics of the mining industry is precisely that it faces price cycles, and in this moment it has been observed that metal pricing is below that observed some years ago.

If low pricing in copper persists, an offer adjustment should occur, due to lower production in those mining companies showing higher costs, which would trigger a raise in prices or would set a containing wall so pricing doesn't continue the decreasing pace of the last months.

### COST REDUCTION

Chile has a strong investment portfolio, with nearly 53 projects to materialize by 2021; nevertheless, because of different reasons, internal as well as external to companies, the development of these initiatives has been slowed down.

It is so that for 2015 mining investments surrounding copper are projected in







about US\$ 8 thousand million, and important projects such as Antucoya and Escondida OGP I, in addition to the start of operations of initiatives such as Sierra Gorda and Caserones, among others, allow foreseeing a copper production of 6.2 million tons, a 7% more than in 2014.

Nonetheless, the great challenge for mining companies will be set in cost containment. Among the plans of action there is a contract renegotiation with third parties, main tool for saving. In some there have also been reductions in personnel. As an example, Codelco announced an ambitious cost containment and productivity increase plan, in response to the low prices copper registers. The measure will give the company US\$ 1,000 million in savings during 2015. This effort means a reduction in total costs of 22.6 cents the pound, reaching a level of 215.4 cents the pound and a direct cost reduction (C1) of 19.3 cents the pound, reaching 139,8 cents the pound, in relation to the budget.

One of the action plans of the State company seeks to generate savings around US\$ 500 million as a consequence of measures for



increasing efficiency and productivity, coming from consumption indicators optimization (materials, energy, fuel), contract rationalization (activity levels, prices and reaches), maintenance management and consultancy, studies, investment reduction, among others. The plan also includes measures for seizing opportunities generated by the fall in prices of critical supplies, petrol particularly. In this field, compensatory effects of the current exchange rate are also included. Because of these concepts, it is expected to reduce costs in US\$500 million more renegotiating contracts..

## **DEMAND**

According to projections made by the Chilean Copper Commission (Cochilco), in 2015 it is estimated a global growth in demand of 22.7 million TM, which implies a raise of 3.1% regarding 2014. Regarding China - country that this year will increase its participation in global consumption from 46.8% registered in 2013 to 49.3% - it is estimated that the Asian nation will grow nearly 9 percent this year.

Regarding perspectives in copper consumption in China this 2015, it is expected to increase in 4.5% without changes to that projected last June. The lower rate is due to, on one hand, the strong consumption growth in 2013 and 2014 which increases comparison

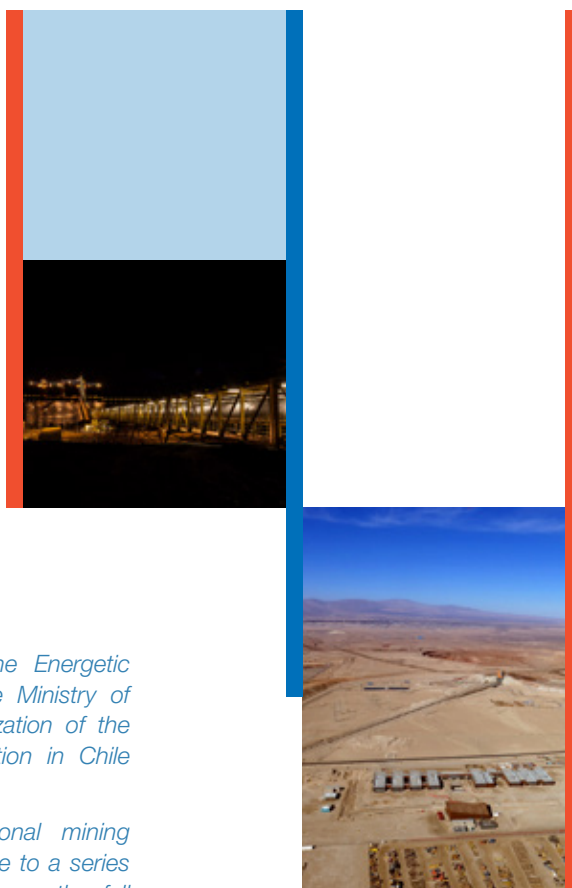
basis and, on the other hand, a lower copper demand for financial leverage is expected due to progressive imposition of restrictions in access to secure credits over metals.

## **PRODUCTION**

Regarding world production of mine copper, Cochilco foresees a production of 20.4 million tons for 2015, this is 6.1% above the estimated for 2014. The most significant increase would come from Chile (+396 thousand TM), associated to new mining operations: Ministro Hales Mine, Sierra Gorda, Caserones Sulfur line and Antucoya. Mexico comes next in relevance (+156 thousand TM) for greater production of Buenavista and Boleo; and Peru (+135 thousand TM) for the expansion of Toromoto and Constancia; and start of production of Las Bambas.

Regarding projection in copper production in Chile for this year, it is estimated that production will reach 6.23 million TM with a 6.8% expansion and an increase of 396 thousand TM compared to 2014. Such production will come from projects that started their production cycles in 2013 and 2014, mainly Ministro Hales Mine, Caserones and Sierra Gorda; this last one is in a progressive stage of production increase as it reaches its design capacity.





## **HAND LABOR**

*According to the Capital Goods Corporation (CBC in Spanish), throughout these last years the average job vacancy in construction investment projects has fluctuated between 100,000 and 122,000.*

*As for sectors, mining will score a peak of 44 thousand jobs during the last part of 2018; way over the 31,374 job vacancies estimated in the trimester prior to the second part of 2017.*

*The tendency indicates that the greater amount of direct job generated by private and public projects in construction in the 2014-2018 quinquennium, would be produced between the last trimester of 2015 and the first fourth of 2016, with 118,169 job vacancies.*

## **INVESTMENT STRENGTHENING**

*In front of the current deceleration panorama, the government has proposed promoting different action plans that will allow mining companies to carry on with those projects which have postponed their start of operations, strengthening mining investment in Chile.*

*In this sense, initiatives such as Codelco's capitalization in US\$4 thousand million, will allow the company developing its structural projects; the strengthening*

*of the mining cluster, the Energetic Agenda proposed by the Ministry of Energy, and the modernization of the foreign investment institution in Chile aim towards that direction.*

*Productivity of the national mining sector has been falling due to a series of structural factors such as the fall in the mineral law, greater transport distances, great hardness in stones, as well as other external reasons such as high energy prices and hydro shortage.*

*In spite of difficulties, companies are making efforts for increasing copper production that the government foresees will reach 6 million tons, an historical record for the country; and 6.2 million tons in 2015. If everything materializes within deadlines, the mining investment portfolio valued in US\$ 105 thousand million, copper production will reach 8.5 million tons by 2021, a 48% more than in 2013.*

*Chilean mining's competitiveness is at a challenging moment. It is in the hands of mining companies and the authorities to reverse the low dynamism that has been showing since 2013, each having their roles to play in such task.*

# Mapa minero Chile 2014

## Mayores Mineras en Chile

MINA	PRODUCCIÓN (TM)	MINERAL	UBICACIÓN
Amalia	11.000	Cobre	Catemu
Atacama Kozan	11.800	Cobre	Tierra Amarilla
Atacama Minerals	1.200	Yodo	100 km. Al Sureste de Antofagasta
Candelaria	168.000	Cobre	29 km. Al Sureste de Copiapó
Carmen de Andacollo	75.800	Cobre	55 km. Al Sudeste de La Serena
Carola	24.000	Cobre	11 km. Al Sureste de Copiapó
Cemin	18.000	Cobre	Catemu
Cerro Colorado	73.600	Cobre	120 km. Al Noreste de Iquique
Cerro Dominador	150.000	Cobre	14 km. Al Noreste de Sierra Gorda
Cerro Negro	7.000	Cobre	210 km. Al Noreste de Santiago
Codelco - Andina	236.700	Cobre	80 km. Al Noreste de Santiago
Codelco - El Teniente	450.400	Cobre	80 km. Al Sur de Santiago
Codelco - Gabriela Mistral	128.200	Cobre	120 km. Al Suroeste de Calama
Codelco - Salvador	54.200	Cobre	Diego de Almagro, 150 km al Norte de Chañaral
Codelco Norte - Chuquicamata	528.000	Cobre	40 km. Al Norte de Calama
Codelco Norte - Radomiro Tomic	427.000	Cobre	40 km. Al Norte de Calama
Codelco Norte - Ministro Hales	163.000	Cobre	5 km. Al Norte de Calama
Coemin	15.000	Cobre	22 km. Al Sureste de Copiapó
Cosayach - Negreiros	770.000	Yodo	90 km. Al Noroeste de Iquique
Cosayach - Soledad	770.000	Yodo	41 km. Al Suroeste de Pozo Almonte
Dayton	35.000 oz	Oro	57 km. Al Sureste de La Serena
Doña Inés de Collahuasi	444.500	Cobre	185 km. Al Sureste de Iquique
El Abra	155.600	Cobre	76 km. Al Norte de Calama
El Algarrobo (CMP)	12.000.000	Hierro	Sudoeste de Vallenar
El Peñón	317.000 oz	Oro	160 km. Al Sudeste de Antofagasta
El Soldado	51.500	Cobre	132 km. de Santiago
El Tesoro	102.600	Cobre	190 km. Al Noreste de Antofagasta



## Mayores Mineras en Chile

MINA	PRODUCCIÓN (TM)	MINERAL	UBICACIÓN
El Toqui	41.900 oz	Oro	XI Región
Escondida	1.193.700	Cobre	170 km. Al Sureste de Antofagasta
Esperanza	177.100	Cobre	30 km. de Sierra Gorda
Florida	89.000 oz	Oro	180 km. Al Sureste de Santiago
Guanaco	3.000 oz	Oro	220 km. Al Sureste de Antofagasta
Las Cenizas	7.000	Cobre	35 km. Al Sureste de Taltal
Lomas Bayas	74.200	Cobre	110 km. Al Noreste de Antofagasta
Los Bronces	416.200	Cobre	50 km. al Noroeste de Santiago
Los Pelambres	419.200	Cobre	45 km. Al Este de Salamanca
Mantos Blancos	54.600	Cobre	45 km. Al Noreste de Antofagasta
Mantos de La Luna	23.000	Cobre	35 km. Al Sur de Tocopilla
Mantos de Oro	178.000 oz	Oro	140 km. Al Noreste de Copiapó
Mantoverde	56.800	Cobre	56 km. de Puerto de Chañaral
Michilla	37.700	Cobre	130 km. Al Noreste de Antofagasta
Ojos del Salado	23.600	Cobre	16 km. Al Este de Copiapó
Pimentón	70.000 oz	Oro	175 km. Al Norte de Santiago
Pucobre	100.000	Cobre	20 km. Al Norte de Copiapó
Quebrada Blanca	56.200	Cobre	240 km. Al Sureste de Iquique
Quiborax	36.000	Bórax	69 km. de Arica
Rayrock	4.500	Cobre	45 km. Al Noreste de Antofagasta
San Gerónimo	9.000	Cobre	20 km. Al Norte de La Serena
Santa Fe	1.800.000	Hierro	13 km. Al Noroeste de Copiapó
Sociedad Chilena del Litio	41,2 MM Lbs.	Litio	25 km. al Sureste de Antofagasta
Spence	151.600	Cobre	140 km. de Antofagasta
Tres Valles	19.000	Cobre	10 km. Al Norte de Salamanca
Valle Central	71.000	Cobre	13 km. Al Sureste de Rancagua
Zaldívar	126.500	Cobre	15 km. Al Sudeste de Antofagasta

## Grandes Proyectos Mineros

PROYECTO	MINERAL	UBICACIÓN
Ampliación Los Pelambres (Antofagasta Minerals)	Cobre	380 km. de Coquimbo
Antucoya (Antofagasta Minerals)	Cobre (2015)	45 km. Al Este de Michilla
Caserones (Lumina Copper)	Cobre (2014)	115 km. Al Noroeste de Copiapó
Caspiche (Minera Eton)	Cobre (2017)	Maricunga, a 120 km. de Copiapó
Cerro Blanco (White Mountain)	Rutilio (2016)	Puerto de Huasco, a 39 km. Al Oeste de Vallenar
Cerro Casale (Barrick)	Oro / Cobre (2020)	Tierra Amarilla, a 145 km. Al Sureste de Copiapó
Cerro Maricunga (Atacama Pacific Gold)	Cobre (2017)	140 km. Al Noreste de Copiapó
Cerro Negro Norte (Minera del Pacífico)	Hierro (2014)	35 km. Al Norte de Copiapó
Copaquire (Teck)	Cobre (2015)	15 km. Al Oeste de Collahuasi y Quebrada Blanca
Chuquicamata Subterránea (Codelco)	Cobre (2019)	40 km. Al Norte de Calama
Diego de Almagro (Copec)	Hierro	12 km. Al Oeste de Diego de Almagro
Distrito Centinela (Antofagasta Minerals)	Cobre (2017)	60 km. Al Suroeste de Calama
El Abra Sulfolix (Freeport McMoran)	Cobre (2018)	76 km. Al Norte de Calama
El Espino (Pucobre)	Cobre (2017)	36 km. Al Noreste de Illapel
El Morro (Goldcorp)	Oro / Cobre (2018)	80 km. Al Este de Vallenar
Escalones (South American Silver)	Oro / Cobre	100 km. Al Sureste de Santiago, a 35 km. de El Teniente
Escondida Fase V (BHP Billiton)	Cobre (2015)	170 km. Al Sureste de Antofagasta
Expansión Andina 244 (Codelco)	Cobre (2021)	80 km. Al Noreste de Santiago
Expansión Collahuasi	Cobre (2019)	185 km. Al Sureste de Iquique
Jerónimo (Yamana Gold)	Oro (2015)	Diego de Almagro, a 10 km. Al Sureste de Potrerillos
La Coipa Fase VII (Kinross)	Oro (2015)	140 km. Al Noroeste de Copiapó
Lobo Marte (Kinross)	Oro (2017)	Maricunga, a 150 km. Al Sureste de Copiapó
Lomas Bayas III (Xstrata Copper)	Hierro (2014)	30 km. en línea recta al Noroeste de Vallenar
Los Sulfatos (Anglo American)	Cobre	50 km. AL Noroeste de Santiago
Nueva Esperanza, Arqueros (Laguna Resources)	Oro (2014)	Copiapó
Nuevo Nivel Mina El Teniente (Codelco)	Cobre (2019)	80 km. Al Sur de Santiago
Pampa Blanca, Ampliación (SQM)	Nitratos	María Elena
Pascua (Barrick)	Oro	Provincia de Huasco
Planta de Nitrato de Potasio Coya Sur (SQM)	Nitratos (2014)	77 km. Al Sureste de Tocopilla y 198 km. Al Noreste de Antofagasta
Productora (Hot Chile Ltd.)	Cobre (2018)	18 km. Al Suroeste de Vallenar
Quebrada Blanca Fase II (Teck)	Cobre (2019)	240 km. Al Sureste de Iquique
Radomiro Tomic Fase II (Codelco)	Cobre (2017)	40 km. Al Norte de Calama
Relincho (Teck)	Cobre (2019)	50 km. Al Norte de Vallenar
San Enrique Monolito (Anglo American)	Cobre (2019)	50 km. Al Noroeste de Santiago
Santo Domingo (Capstone Mining)	Cobre (2017)	Distrito de Diego de Almagro
Sierra Gorda (KGHM International)	Cobre (2014)	60 km. Al Suroeste de Calama
Tovaku (Pucobre)	Cobre (2018)	60 km. Al Suroeste de Calama
Volcán (Hochschild)	Oro (2017)	Maricunga, a 120 km. Al Este de Copiapó

## Fundiciones y Plantas de Procesamiento

FUNDICIÓN Y/O PLANTA	PRODUCCIÓN (TM)	MINERAL	UBICACIÓN
Codelco Ventanas	401.000	Cobre	40 km. Al Norte de Valparaíso
Fundición Altonorte	1.160.00	Concentrado de Cobre	20 km. Al Sur de Antofagasta
Fundición Chagres	138.600	Cobre	100 km. Al Norte de Santiago
Enami – Planta Taltal	2.400	Cobre	Al Norte de Taltal, 300 km. Al Sur de Antofagasta
Enami – Planta Salado	9.600	Cobre	36 km. Al Noreste de Chañaral
Enami – Planta Matta	7.200	Cobre	Ciudad de Copiapó
Enami – Planta Vallenar	3.600	Cobre	5 km. Al Noreste de Vallenar
Enami – Planta Delta	4.800	Cobre	Comuna de Ovalle
Enami – Hernán Videla Lira	90.000	Cobre	Paipote, 8 km. Al Sureste de Copiapó

Fuente: Directorio Minero (Direcmin)



# Mining Map, Chile 2014

## Major Mining Companies in Chile

MINE	PRODUCTION (TM)	MINERAL	LOCATION
Amalia	11.000	Copper	Catemu
Atacama Kozan	11.800	Copper	Tierra Amarilla
Atacama Minerals	1.200	Iodine	100 km. Southeast of Antofagasta
Candelaria	168.000	Copper	29 km. Southeast of de Copiapó
Carmen de Andacollo	75.800	Copper	55 km. Southeast of La Serena
Carola	24.000	Copper	11 km. Southeast of Copiapó
Cemin	18.000	Copper	Catemu
Cerro Colorado	73.600	Copper	120 km. Northeast of Iquique
Cerro Dominador	150.000	Copper	14 km. Northeast of Sierra Gorda
Cerro Negro	7.000	Copper	210 km. Northeast of Santiago
Codelco – Andina	236.700	Copper	80 km. Northeast of Santiago
Codelco – El Teniente	450.400	Copper	80 km. South of Santiago
Codelco – Gabriela Mistral	128.200	Copper	120 km. Southwest of Calama
Codelco – Salvador	54.200	Copper	Diego de Almagro, 150 km North of Chañaral
Codelco Norte – Chuquicamata	528.000	Copper	40 km. North of Calama
Codelco Norte – Radomiro Tomic	427.000	Copper	40 km. North of Calama
Codelco Norte – Ministro Hales	163.000	Copper	5 km. North of Calama
Coemin	15.000	Copper	22 km. Southeast of Copiapó
Cosayach – Negreiros	770.000	Iodine	90 km. Northwest of Iquique
Cosayach – Soledad	770.000	Iodine	41 km. Southwest of Pozo Almonte
Dayton	35.000 oz	Gold	57 km. Southeast of La Serena
Doña Inés de Collahuasi	444.500	Copper	185 km. Southeast of Iquique
El Abra	155.600	Copper	76 km. North of Calama
El Algarrobo (CMP)	12.000.000	Iron	Southwest of Vallenar
El Peñón	317.000 oz	Gold	160 km. Southeast of Antofagasta
El Soldado	51.500	Copper	132 km. from Santiago
El Tesoro	102.600	Copper	190 km. Northeast of Antofagasta

## Major Mining Companies in Chile

MINE	PRODUCTION (TM)	MINERAL	LOCATION
El Toqui	41.900 oz	Gold	XI Region
Escondida	1.193.700	Copper	170 km. Southeast of Antofagasta
Esperanza	177.100	Copper	30 km. from Sierra Gorda
Florida	89.000 oz	Gold	180 km. Southeast of Santiago
Guanaco	3.000 oz	Gold	220 km. Southeast of Antofagasta
Las Cenizas	7.000	Copper	35 km. Southeast of Taltal
Lomas Bayas	74.200	Copper	110 km. Northeast of Antofagasta
Los Bronces	416.200	Copper	50 km. Northwest of Santiago
Los Pelambres	419.200	Copper	45 km. East of Salamanca
Mantos Blancos	54.600	Copper	45 km. Northeast of Antofagasta
Mantos de La Luna	23.000	Copper	35 km. South of Tocopilla
Mantos de Oro	178.000 oz	Gold	140 km. Northeast of Copiapó
Mantoverde	56.800	Copper	56 km. from Chañaral's Port
Michilla	37.700	Copper	130 km. Northeast of Antofagasta
Ojos del Salado	23.600	Copper	16 km. East of Copiapó
Pimentón	70.000 oz	Gold	175 km. North of Santiago
Pucobre	100.000	Copper	20 km. North of Copiapó
Quebrada Blanca	56.200	Copper	240 km. Southeast of Iquique
Quiborax	36.000	Borax	69 km. from Arica
Rayrock	4.500	Copper	45 km. Northeast of Antofagasta
San Gerónimo	9.000	Copper	20 km. North of La Serena
Santa Fe	1.800.000	Iron	13 km. Northwest of Copiapó
Sociedad Chilena del Litio	41,2 MM Lbs.	Lithium	25 km. Southeast of Antofagasta
Spence	151.600	Copper	140 km. from Antofagasta
Tres Valles	19.000	Copper	10 km. North of Salamanca
Valle Central	71.000	Copper	13 km. Southeast of Rancagua
Zaldívar	126.500	Copper	15 km. Southeast of Antofagasta

## Great Mining Projects

PROJECT	MINERAL	LOCATION
Los Pelambres Expansion (Antofagasta Minerals)	Copper	380 km. from Coquimbo
Antucoya (Antofagasta Minerals)	Copper (2015)	45 km. East of Michilla
Caserones (Lumina Copper)	Copper (2014)	115 km. Northwest of Copiapó
Caspiche (Minera Eton)	Copper (2017)	Maricunga, 120 km. from Copiapó
Cerro Blanco (White Mountain)	Rutile(2016)	Huasco's Port, 39 km. West of Vallenar
Cerro Casale (Barrick)	Gold / Copper (2020)	Tierra Amarilla, 145 km. Southeast of Copiapó
Cerro Maricunga (Atacama Pacific Gold)	Copper (2017)	140 km. Northeast of Copiapó
Cerro Negro North (Minera del Pacifico)	Iron (2014)	35 km. North of Copiapó
Copaquire (Teck)	Copper (2015)	15 km. West of Collahuasi and Quebrada Blanca
Chuquicamata Underground (Codelco)	Copper (2019)	40 km. North of Calama
Diego de Almagro (Copec)	Iron	12 km. West of Diego de Almagro
Distrito Centinela (Antofagasta Minerals)	Copper (2017)	60 km. Southwest of Calama
El Abra Sulfolix (Freeport McMoran)	Copper (2018)	76 km. North of Calama
El Espino (Pucobre)	Copper (2017)	36 km. Northeast of Illapel
El Morro (Goldcorp)	Gold / Copper (2018)	80 km. East of Vallenar
Escalones (South American Silver)	Gold / Copper	100 km. Southeast of Santiago, 35 km. from El Teniente
Escondida Phase V (BHP Billiton)	Copper (2015)	170 km. Southeast of Antofagasta
Expansión Andina 244 (Codelco)	Copper (2021)	80 km. Northeast of Santiago
Collahuasi Expansion	Copper (2019)	185 km. Southeast of Iquique
Jerónimo (Yamana Gold)	Gold (2015)	Diego de Almagro, 10 km. Southeast of Potrerillos
La Coipa Phase VII (Kinross)	Gold (2015)	140 km. Northwest of Copiapó
Lobo Marte (Kinross)	Gold (2017)	Maricunga, 150 km. Southeast of Copiapó
Lomas Bayas III (Xstrata Copper)	Iron (2014)	30 km. going straight Northwest from Vallenar
Los Sulfatos (Anglo American)	Copper	50 km. Northwest of Santiago
Nueva Esperanza, Arqueros (Laguna Resources)	Gold (2014)	Copiapó
New Mine Level El Teniente (Codelco)	Copper (2019)	80 km. South of Santiago
Pampa Blanca, Ampliación (SQM)	Nitrates	María Elena
Pascua (Barrick)	Gold	Huasco
Planta de Nitrato de Potasio Coya Sur (SQM)	Nitrates (2014)	77 km. Southeast of Tocopilla and 198 km. Northeast of Antofagasta
Productora (Hot Chile Ltd.)	Copper (2018)	18 km. Southwest of Vallenar
Quebrada Blanca Phase II (Teck)	Copper (2019)	240 km. Southeast of Iquique
Radomiro Tomic Phase II (Codelco)	Copper (2017)	40 km. North of Calama
Relincho (Teck)	Copper (2019)	50 km. North of Vallenar
San Enrique Monolito (Anglo American)	Copper (2019)	50 km. Northwest of Santiago
Santo Domingo (Capstone Mining)	Copper (2017)	Diego de Almagro District
Sierra Gorda (KGHM International)	Copper (2014)	60 km. Southwest of Calama
Tovaku (Pucobre)	Copper (2018)	60 km. Southwest of Calama
Volcán (Hochschild)	Gold (2017)	Maricunga, a 120 km. East of Copiapó



## Smelters and Processing Plants

SMELTER OR PLANT	PRODUCTION (TM)	MINERAL	LOCATION
Codelco Ventanas	401.000	Copper	40 km. North of Valparaíso
Altonorte Smelter	1.160.00	Copper concentrate	20 km. South of Antofagasta
Chagres Smelter	138.600	Copper	100 km. North of Santiago
Enami – Plant Taltal	2.400	Copper	North of Taltal, 300 km. South of Antofagasta
Enami – Plant Salado	9.600	Copper	36 km. Northeast of Chañaral
Enami – Plant Matta	7.200	Copper	City of Copiapó
Enami – Plant Vallenar	3.600	Copper	5 km. Northeast of Vallenar
Enami – Plant Delta	4.800	Copper	Ovalle
Enami – Hernán Videla Lira	90.000	Copper	Paipote, 8 km. Southeast of Copiapó

Source: Mining Directory (Direcmin)



CATÁLOGO DE GRANDES OBRAS DE **CONSTRUCCIÓN PARA MINERÍA EN CHILE**  
*CATALOG: LARGE SCALE CONSTRUCTION PROJECTS FOR **THE CHILEAN MINING INDUSTRY***

**Cámara Chilena de la Construcción**

Marchant Pereira #10, piso 3

Providencia, Santiago-Chile

Tel: (56 2) 2376 3300 / 01 – Fax: (56 2) 2580 51 00