

100 Años de Minería  
en Chile

Original



# El Cobre

El cobre es un metal que se encuentra en la corteza terrestre en forma de minerales. Su principal uso es en la fabricación de cables eléctricos y en la industria del transporte. El cobre también se utiliza en la fabricación de herramientas y en la medicina. El cobre es un metal que se encuentra en la corteza terrestre en forma de minerales. Su principal uso es en la fabricación de cables eléctricos y en la industria del transporte. El cobre también se utiliza en la fabricación de herramientas y en la medicina. El cobre es un metal que se encuentra en la corteza terrestre en forma de minerales. Su principal uso es en la fabricación de cables eléctricos y en la industria del transporte. El cobre también se utiliza en la fabricación de herramientas y en la medicina.



Carga de barras de cobre.

El Cobre

## Orígenes

**S**EIS mil años antes de Cristo, el cobre ya era conocido por el hombre. Numerosos investigadores afirman que este metal, que se encuentra generalmente en las rocas, formando combinaciones con oxígeno (óxidos) y azufre (sulfuros), hizo su aparición en el planeta durante el periodo neolítico, al final de la Edad de Piedra.

Otros estudiosos adelantan esta fecha a 7.000 años A.C.

Lo más probable es que el cobre, perteneciente al llamado "grupo de los metales de transición", haya sido el segundo metal más usado después del oro. Se dice que habría sido descubierto, precisamente, cuando el hombre buscaba oro. Otros análisis especifican que fueron los buscadores de piedras para labrar quienes concibieron la posibilidad de utilizarlo.

La metalurgia tuvo su origen en el Próximo Oriente, con bastante antelación respecto de Europa y del resto de Asia. Al comenzar a emplear los metales, el ser humano principió forjándolos en frío, con una técnica que se adecuaba tanto al cobre, como a la plata y al oro. Pero sólo el metal rojo podía usarse con provecho en la elaboración de instrumentos y armas. El resto era destinado a objetos de adorno.

Estudios históricos sobre la producción cuprífera mundial indican que, desde los inicios de nuestra civilización, se han producido y consumido alrededor de 200.000.000 toneladas métricas de cobre.

## En los inicios de la civilización

La primera Edad del Cobre tuvo su manifestación más importante en Egipto, donde comenzó a ser extraído a partir de la Tercera Dinastía (1600 años A.C. aproximadamente).

Fue en Chipre, sin embargo, donde la minería del cobre se inició alrededor del año 2500 A.C., y de ese país surgió el actual nombre de metal. Originariamente fue "Chipre", luego "Chuprum" y varió sucesivamente, para concluir con el nombre de "cuprum", término que se difundiría universalmente.

Con una de las reservas cupríferas más antiguas del mundo, los depósitos cupríferos de Chipre fueron explotados por egipcios, asirios, fenicios, griegos, persas y romanos.

Poco se sabe con seguridad de los métodos de extracción en aquella época, pero algunos arqueólogos señalan que la práctica más utilizada era la de tajo abierto.

Las minas más importantes fueron explotadas en Sinaí, Siria, Belu-chistán, Afganistán, Caucasia y Transcaucasia, Chipre, Macedonia, Iberia y Europa Central. Entre los años 3000 y 3500 A.C. se obtenía también en Asia Menor, el cobre que abastecía a los sumerios del sur de Mesopotamia y que, con posterioridad, usarían los asirios.

Se conoce la existencia de yacimientos cupríferos en Alemania, Austria, Portugal, Grecia, Francia y España, por lo menos, desde la Edad del Bronce. Las Minas de Mittenberg, en El Tirol, muestran, a su vez, indicios de haber sido trabajadas desde 1600 años A.C. hasta 800 años A.C., ya en la Edad del Hierro. Los asentos descubiertos en las localidades inglesas de Anglesey, Cornwall Devon y Shrophire fueron explotados por los romanos, luego de la invasión del año 43 A.C.

La época en que se pasó del uso del cobre nativo al obtenido por fundición, es un auténtico misterio, pero existe la creencia de que ello aconteció hacia 5000 años A.C. Desde ese instante, su uso se extendería mucho más.

## Herraduras para Almagro

No existe consenso respecto del momento en que el cobre empezó a ser extraído en América. Mientras algunos investigadores sostienen que

su explotación se inició con la llegada de los españoles, otros expresan que los indígenas que poblaban el continente conocían el metal rojo mucho antes de la aparición del primer conquistador europeo. Numerosos objetos encontrados parecen confirmarlo.

Humboldt, por ejemplo, halló en una mina de plata de El Cuzco, un resistente cincel de cobre y estaño fabricado por los incas. Empleado para cortar granito, basalto y aún turquesas y esmeraldas, habría sido utilizado, además, para labrar estatuas y partes de los palacios.

Un análisis del utensilio, en un laboratorio de París, determinó que la composición era 96 partes de cobre y 4 de estaño, un bronce cuya consistencia es un verdadero secreto hasta nuestros días.

Los aztecas, igualmente, tenían cinceles de cobre, con los cuales trabajaban sus minas y talaban sus canales. También lo usaban en la fabricación de navajas de barba.

El historiador González Fernández de Oviedo afirma que los aborígenes de las Antillas, en especial de Haití, manejaban el cobre con extraordinaria habilidad.

La situación no parece haber sido muy diferente en Chile. Mucho antes de que Cristóbal Colón descubriera América, los habitantes de Chuquicamata, una pequeña tribu de indígenas descendientes de los aymarás y los quechuas, conocidos como "chucos" (de ahí el nombre del yacimiento), sacaba el mineral de la Cordillera de los Andes. Restos arqueológicos encontrados en el Desierto de Atacama y el Norte Chico indican con claridad que el cobre fue empleado dos mil años antes de la Conquista.

En el Museo San Pedro de Atacama se encuentran las piezas de cobre más antiguas del continente que, según análisis efectuados por el padre Le Paige, datan de alrededor de 500 años antes de nuestra era.

Los atacameños y los diaguitas no sólo trabajaban trozos de metal nativo, al que llamaban "payen", sino que poseían conocimientos de fundición, el arte del temple, fundición de bronce y otras técnicas similares.

Lo cierto es que, si bien América conoció el hierro metálico sólo con los españoles, antes utilizaba profusamente el cobre nativo y sus aleaciones, además de los llamados "minerales de color", como los silicatos, carbonatos, sulfatos y óxidos de cobre: malaquita, crisocola, brochantita, cuprita y azurita.

Setenta años antes de la llegada de los conquistadores españoles, los incas, tras expandir su dominio hasta nuestro territorio, habían enseñado a los aborígenes chilenos a construir hornos en las márgenes del Río Salado.

Gracias a estos hornos, Diego de Almagro, a su regreso a El Cuzco en 1536, pudo restituir con cobre las desgastadas herraduras de sus cabalgaduras. Ni él ni Pedro de Valdivia, en 1540, cuando se dirigía a la Conquista de Chile, prestaron atención a las evidencias sobre minas cupríferas. Mientras Almagro sólo buscaba oro y plata, Pedro de Valdivia tenía otros objetivos: ejercer su poder en este territorio y hacer de él una auténtica nación para lograr un nombre de fama. Por ello no dio importancia a los numerosos adornos de brocantita y atacamita —típicos minerales de Chuquicamata— que los aborígenes le exhibieron durante su estada de dos meses, mientras descansaba y reunía alimentos.

El cobre fue, durante los dos primeros siglos de La Conquista, una “raquítica industria de los valles del norte” —según cuenta Benjamín Vicuña Mackenna— debido, sobre todo, a su escaso uso doméstico: tachos, candeleros, pailas. Esta situación cambiaría sólo a mediados del siglo XIX.

### Primera exportación

En la época de la colonia se produjeron en Chile alrededor de 85 mil toneladas métricas de cobre. Es decir, mil 560 quintales entre el 12 de febrero de 1541 y el 18 de septiembre de 1810.

Los españoles usaron el cobre básicamente para fundir cañones y utensilios de labranza. También lo empleaban como lastre para los buques que regresaban vacíos a España o Perú, ya que gran parte de la producción no era cotizada a un gran valor en esos años.

Perú, Argentina y España eran los países a los que se exportaba nuestro metal rojo, al que se le daban además algunos otros pequeños usos en Chile.

El cobre era enviado a la península ibérica para fundir piezas de artillería (especialmente el proveniente de la región de Coquimbo). Se le enviaba también a la región española de Alcaraz, donde era destinado a las fábricas de latones. En 1625 se envió a España un total de 660 quintales de cobre, originarios en su mayoría de los yacimientos que se explotaban en la época: Puquios, Ojancos, El Checo y otros asentamientos cupríferos de Chuquicamata.

La Serena fue la “ciudad del cobre” durante la Colonia. Una muestra de ello fue que las familias más prestigiadas tenían por actividad el metal rojo: los Aguirre Recabarren, los Marín, los Solar, los Guerrero y los Munizaga.

La primera noticia sobre una exportación de cobre chileno está ligada justamente a esta ciudad del Norte Chico. En 1615, el virrey de

Perú, el conde de Montes Claros, ordenó un cargamento de 668 quintales de cobre desde La Serena hasta el puerto peruano de El Callao. El metal era destinado a la fundición de cañones, para defender al virreinato de los piratas ingleses y holandeses que pululaban por las costas del Pacífico. La producción chilena era de tan escaso volumen, que completar el pedido demoró exactamente 10 años.

Se puede afirmar que la Colonia no fue una etapa próspera en la explotación de yacimientos cupríferos, pese a la abundancia de vetas.

A fines del siglo XVIII, un minero, llamado Francisco García, reunió más de siete mil quintales de cobre, en el Valle de Huasco, en poco más de tres años, algo sorprendente para aquellos días.

En 1820 comienza la expansión, para obtener en 1830 el cuarto lugar entre los mayores productores a nivel mundial. Las actividades mineras abarcaban Chañaral, Caldera y Copiapó (en Atacama), hasta La Higuera, La Serena, Brillador, Andacollo y Tamaya (en Coquimbo), y Quillota y Las Condes (en Aconcagua). Tres compañías inglesas se establecieron en Coquimbo, Huasco y Copiapó, cada una de ellas con un capital aproximado de tres y medio millones de libras esterlinas: Chilean Mining Association, Anglo Chilean y Chilean and Peruvian Mining Association.

Asimismo, surgieron numerosas agencias en Valparaíso, las cuales instalaron sucursales en los centros mineros. Su fin era abastecer de mercaderías y herramientas a las faenas cupríferas y aprovisionar los barcos que cargaban minerales de cobre de alta ley y barras de plata desde los puertos de Coquimbo, Huasco y Caldera.

En 1824 llegó a La Serena el químico e industrial alsaciano Carlos Santiago Lambert. Formaba parte del personal de la Compañía Chilena y fue un reformador de la minería en nuestro país, al instalar el primer horno tipo reverbero en 1831. Esto permitió el tratamiento de los minerales sulfurados. Este tipo de mineral, de alta ley, era menospreciado durante la Colonia. Los mineros le llamaban despectivamente "arenilla", desconociendo el inmenso valor potencial que encerraba.

Lambert, perito conocedor de los hornos de reverbero y de refinamiento inventados en 1830 en Francia, supo de inmediato que los ejes mezclados con la escoria podían darle una gran fortuna. Así compró el yacimiento de Guamalata a don Bernardo del Solar, propietario del asiento cuprífero de Tamaya Antigua; trajo máquinas del extranjero y, tras aceptar serenamente las burlas de quienes le aseguraban que había adquirido solamente basura, empezó a recibir los frutos de su inteligente inversión.

## Período 1904 - 1971

**E**L Teniente fue el primer gran yacimiento cuprífero que comenzó a operar, gracias a capitales norteamericanos, en 1905, luego que un año antes, el ingeniero William Braden organizara en Estados Unidos la Braden Copper Company.

Asesor de diversas empresas mineras, Braden había recibido, en 1903, una carta de su amigo, el ingeniero italiano Marco Chiapponi, quien en 1894 había conocido durante una breve visita a Chile, en representación de industriales estadounidenses.

Chiapponi había sido contratado por el nuevo propietario de El Teniente, Enrique Concha y Toro (quien en 1897 compró el yacimiento a la familia Correa), para que hallara capitales interesados en invertir en dar nueva vida a la mina, abandonada por muchos años. Tras varios intentos fallidos, envió a Braden, quien tenía importantes relaciones, un detallado recuento del yacimiento, tentándolo con un probable buen negocio. El ingeniero norteamericano había sido comisionado también por varias sociedades de su país para explorar diversos asientos cupríferos chilenos, entre ellos la propia mina de El Teniente y Potrerillos.

Después de efectuar un completo reconocimiento y de comprar El Teniente, Braden regresó a Estados Unidos con el propósito de reunir el dinero necesario para iniciar las faenas extractivas. La ayuda que buscaba la encontró en Mr. E.W. Nash, presidente de la compañía American Smelting and Refinery Company. El 23 de junio de 1904, quedó constituida la Rancagua Mines, con un millón 250 mil dólares como capital inicial. La sociedad, legalizada frente al juez de paz del estado de Maine

Faena extractiva.

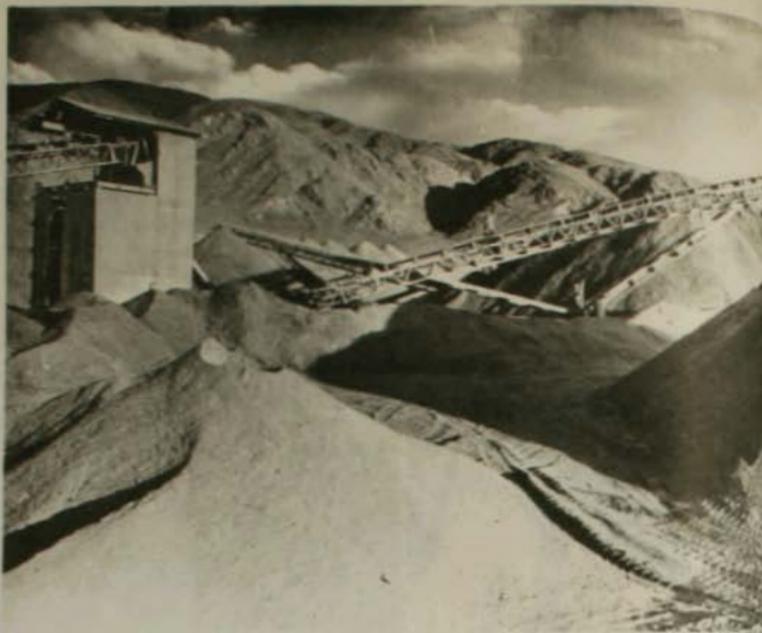


Stock de cobre en barras.



Reposición de ladrillos refractarios  
en horno de fundición.

Mineral después  
de la molienda.



Cancha para  
de mineral.



Equipo deposita  
mineral en horno  
de fundición.



sufriría —un mes y medio después— la modificación de sus estatutos, y su nombre cambiaría a Braden Copper Company.

El Decreto N<sup>o</sup> 1.854, promulgado el 29 de abril de 1905 por el gobierno de Germán Riesco, autorizó a la nueva empresa a operar en territorio chileno. Y así la mina, situada a 50 kilómetros al este de Rancagua, comenzó a funcionar con una planta de concentración gravitacional con capacidad para 250 toneladas diarias, un andarivel que unía al molino con la faena extractiva y un camino de 40 kilómetros desde Graneros hasta el yacimiento. A esto se agregó una central hidroeléctrica de mil caballos de fuerza.

Cuatro años después, Guggenheim Brothers aportó una inversión de 1 millón 200 mil dólares (posteriormente subió a 4 millones), adquiriendo el control de la sociedad mediante la Guggenheim Exploration Company. En 1915, esta compañía vendería el 95<sup>o</sup>/o de sus acciones a la Kennecott Corporation por 57 millones de dólares, pasando la Braden Copper Company a ser una subsidiaria.

### La competencia por Chuquicamata

Otro norteamericano, Albert C. Burrage, formó, en diciembre de 1910, con la Duncan Fox y Cía., la sociedad Chile Exploration Company, a fin de explotar la mina Chuquicamata, ubicada al interior de Antofagasta.

Este banquero, abogado y hombre de empresa, había pasado mucho tiempo buscando un procedimiento que le permitiera trabajar minas de cobre de baja ley, que no se podían tratar con los métodos conocidos hasta ese entonces. La solución la proporcionó un estadounidense, de apellido Bradley, quien perfeccionó el sistema necesario.

Tras reconocimientos efectuados por la misión que dirigía el ingeniero Fritz Mella, el 3 de abril de 1911, Burrage fue autorizado por el Gobierno chileno para establecer en Chuquicamata un centro metalúrgico.

Entretanto, la poderosa empresa de los hermanos Guggenheim había efectuado labores de prospección sin permiso, lo que dio lugar a una intensa competencia para lograr los derechos del mineral. Burrage llevaba todas las de perder, puesto que carecía del capital indispensable para iniciar la explotación. A comienzos de 1912 quedó finalmente sellado un acuerdo entre ambas sociedades. Guggenheim Brothers aportó entonces fuertes inversiones desde Estados Unidos y adquirió también las pertenencias de la Compañía Explotadora de Chuquicamata, formada a fines del siglo pasado por la firma Weber y Cía. de Valparaíso. La ley que

otorgaba la autorización para explotar el yacimiento se dictó el 11 de enero de ese año.

El 3 de abril de 1913, durante el mandato de Ramón Barros Luco fue promulgado el Decreto N° 878, que entregaba a la nueva sociedad el permiso para establecer agencias en nuestro país. La explotación del yacimiento por esta sociedad empezaría en 1915, después de ser construida una planta para tratar 10.000 toneladas diarias de mineral.

En febrero de 1923, Guggenheim Brothers transfirió por US\$ 77.000.000 los dos millones de acciones que poseía en la Chile Exploration Company, a la firma Anaconda Mining Company (llamada después Anaconda Company). Estas acciones representaban el 15% de la sociedad. Anaconda compró también 200 mil acciones en la Bolsa de Comercio de Nueva York, con lo cual tomó su control definitivo.

### Una veta agotada

Potrerillos fue otro de los asientos cupríferos adquirido a comienzos del siglo XX por inversionistas norteamericanos. Explotada hasta 1913 por una pequeña empresa —Potrerillos Mining Company—, que había sido formada por empresarios nacionales a fines del siglo XIX, era la suma de una serie de minas que se habían vendido a esta compañía. William Braden adquirió los derechos y, en 1916, los cedió a Anaconda cuya subsidiaria —Andes Copper Mining— construyó los establecimientos e inició la explotación.

Si bien en 1913 comenzaron los trabajos de reconocimiento, sólo en 1927 se iniciaron las faenas propiamente tal, puesto que hubo grandes dificultades para dotar al yacimiento del equipamiento necesario. Uno de esos obstáculos fue la Primera Guerra Mundial (1914-1918). Finalmente a un costo de US\$ 67.500.000, comenzaron a funcionar una planta de lixiviación, una de concentración y una fundición.

El panorama de Potrerillos se ensombreció en 1959, cuando la veta se agotó, después de rendir un total de 1.600.000 toneladas durante sus 32 años de labores. La faena fue salvada de su paralización definitiva gracias al descubrimiento de otro importante depósito de cobre en el cerro Indio Muerto, distante a 20 kilómetros, que fue bautizado, significativamente, como El Salvador. La cubicación inicial de este cuerpo mineralizado se estimó en 340 millones de toneladas, con ley de 1,5% de cobre fino. La inversión inicial fue de 103.000.000 de dólares.

Meses después de iniciadas las faenas en El Salvador, la mina de Potrerillos cerró. Los temores de los empresarios de perder la infraestructura resultaron infundados, puesto que las instalaciones de Potrerillos

servieron para realizar las labores complementarias del nuevo yacimiento.

### Los sucesos posteriores

Entre 1900 y 1944, además de las inversiones norteamericanas se hicieron presentes, aunque en menor medida, sociedades alemanas como Koegel y Compañía, y Schollberg y Harnecker, las que operaron en el norte del país. La afluencia de capitales extranjeros redundó en la introducción de nuevas tecnologías, en el descubrimiento de nuevos yacimientos y en la aplicación de métodos modernos de producción.

Hacia 1930 y con el objeto de prever una segura cesantía derivada de los problemas económicos que vivía el mundo y que, por supuesto, aquejaba a las empresas norteamericanas instaladas en nuestro país, el Gobierno dictó el denominado Estatuto de Excepción para la Gran Minería del Cobre (Ley 5.107). Este cuerpo legal permitió al capital extranjero el retorno de sólo parte de sus utilidades, además de otorgarle amplias facultades para la importación de implementos con un régimen de cambio propio.

A partir de 1939, se iniciaría un nuevo período respecto del tratamiento de las sociedades estadounidenses del cobre, destinado a entregar al Estatuto chileno una mayor injerencia en estas actividades. Así, el 20 de enero de 1942, el Presidente Pedro Aguirre Cerda aumentó los impuestos a las compañías y estableció normas relativas al retorno de dólares al país.

Alrededor de 1940 surgió una singular propuesta para nacionalizar el cobre y el salitre, elaborada por el diputado Jorge González Von Marées, del Partido Nacional Socialista Chileno. En su libro "El mal de Chile", el parlamentario proponía una nacionalización inmediata y señalaba lo siguiente: "A Alemania no le interesa en manera alguna que nuestro salitre y nuestro cobre, y muy en especial éste último, estén en manos norteamericanas, por lo que no podrá ver sino con mucha complacencia la adopción de una política dirigida a recuperar esas industrias para el Estado chileno. Puede, pues, darse por descontado que una política semejante recibiría el más decidido apoyo de parte de Alemania, ya que la reincorporación de esas riquezas al patrimonio nacional haría posible una considerable ampliación de nuestra carencia de trueque con el Reich y con los países europeos en general".

Otro momento crucial lo constituye el Convenio de Washington, firmado por el Presidente Gabriel González Videla y el Gobierno de los Estados Unidos, el cual fijó en 27,5 centavos de dólar la libra de cobre. Un precio más conveniente que el de 24,5 centavos que rigió durante la

guerra de Corea y que hizo perder a Chile alrededor de 300 millones de dólares, ya que, paralelamente, hubo enormes alzas durante ese período. Sin embargo, la nueva cotización no era la óptima, dado que en la Bolsa de Metales de Londres el precio llegaba a 35 centavos de dólar la libra.

Con el tiempo se hizo latente la carencia de una política definida respecto del metal rojo. Veinticinco cuerpos legales, diferentes y contradictorios, fueron dictados al respecto entre 1940 y 1954.

En 1951 el Senado discutió un proyecto de ley para crear la Corporación del Cobre, el cual fue finalmente aprobado. Según esta disposición, la comercialización de los minerales extraídos por la Gran Minería pasaba a manos del Banco Central.

Otra iniciativa en esta materia fue la derogación del Convenio de Washington, tras lo cual el Banco Central pudo vender cobre a Estados Unidos a 35,5 centavos de dólar la libra.

### Ley del Nuevo Trato

El 5 de mayo de 1955 fue promulgada la Ley 11.828 o Ley del Nuevo Trato, la que buscaba establecer un régimen tributario especial para empresas, con el propósito de aumentar su interés por el incremento de la producción, ya que la tasa de impuestos disminuía a medida que la producción superaba cierto límite. Este cuerpo, rigió entre 1955 y 1964.

Cabe señalar que el 13 de abril de 1957, quedó oficialmente constituida la Sociedad Minera El Teniente, regida por la Ley del Nuevo Trato y por las modificaciones incluidas en las leyes 16.425 y 16.454. El Estado chileno adquirió el 51% de las acciones, en tanto que el 49% restante quedó en poder de la Braden Copper Company, subsidiaria de la Kennecott Corporation.

### Convenios y asociaciones

Durante el Gobierno de Eduardo Frei (1964-1970) se llevaron a cabo innovaciones en la política del cobre, caracterizadas básicamente por convenios y asociaciones del Estado con las compañías. Esta fue llamada política de "Chilenización", que luego derivó en otra etapa denominada "Nacionalización pactada".

En la implementación de la primera de dichas políticas, se constituyeron sociedades mixtas: El Teniente, con un 51% de aporte chileno; la Exótica, con un 25%; y Andina, con un 30%.

También estipuló ciertas normas respecto de las compañías extranjeras: exención para la producción de las empresas norteamericanas de un eventual monopolio estatal de comercialización; rebaja en medio centavo de dólar la libra de cobre blíster refinado electrolíticamente en las instalaciones Anaconda; rebaja de los intereses sobre préstamos; impuesto único a la Chile Exploration Company; exenciones aduaneras y consulares; y amortización acelerada de las nuevas inversiones.

Otra etapa fue la nacionalización pactada, en la que el Estado compró el 51<sup>o</sup>/o de las acciones, a valor de libros, de dos propiedades de la Anaconda: Chuquicamata (manejada por la subsidiaria Chile Exploration Company) y El Salvador (controlada por la Andes Copper Mining). Esto ocurrió en 1969. La transacción se realizó por un monto de 192 millones de dólares, pagaderos en 24 cuotas semestrales y con un interés anual de 6<sup>o</sup>/o.

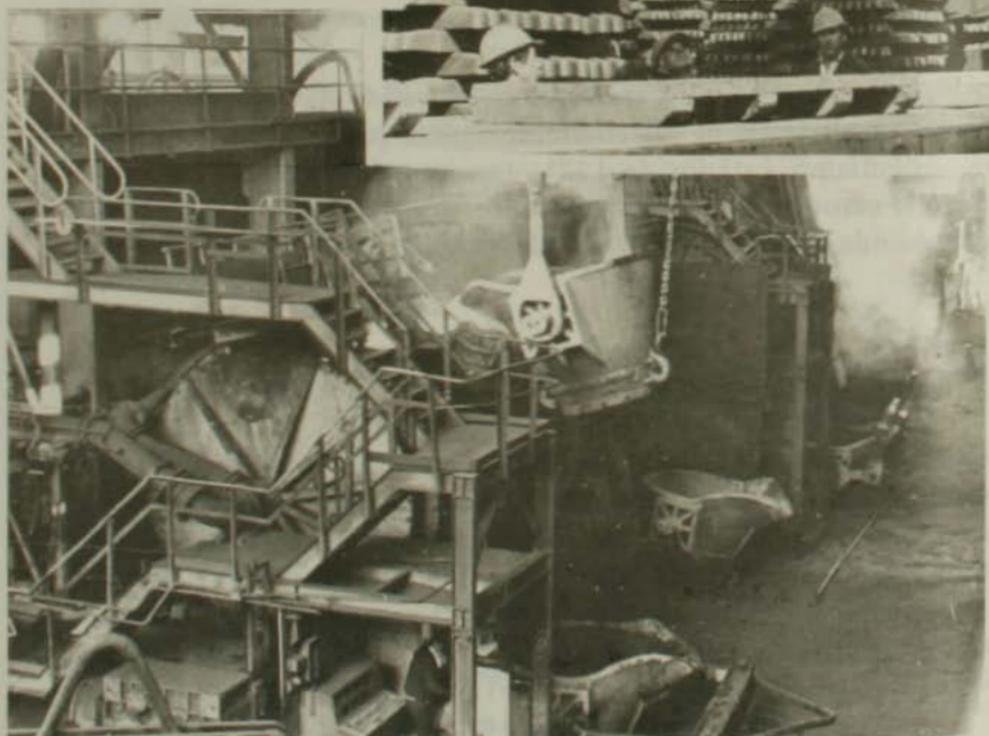
El Gobierno tenía además la posibilidad de comprar posteriormente el 49<sup>o</sup>/o restante, una vez que hubiese cancelado el 60<sup>o</sup>/o de la deuda contraída.

Las sociedades norteamericanas recibieron, asimismo, la seguridad de la congelación de costos a 1969, con una rebaja tributaria al nivel de compensación con la participación de las utilidades.

## Nacionalización

En diciembre de 1970, tras asumir, Salvador Allende anunció la llamada nacionalización de las empresas mixtas que operaban en Chile. El proceso culminó en julio de 1971, con la aprobación del proyecto respectivo. Fueron nacionalizados entonces los yacimientos dependientes de Anaconda, Kennecott y Cerro Corporation.

Wirebards: 99,96<sup>o</sup>/o de pureza.



Descarga del

## Gran Minería

**L**A gran minería del cobre corresponde, en 1983, a los yacimientos a cargo de la Corporación Nacional del Cobre de CHILE (CODELCO-Chile).

CODELCO, una de las empresas más grandes del mundo —no sólo en el ámbito minero—, pertenece al Estado de Chile y fue creada por Decreto Ley N° 1.350, del 30 de enero de 1976, iniciando sus operaciones en abril de ese año.

Esta corporación fue la depositaria definitiva del proceso de traspaso de los grandes yacimientos cupríferos que pertenecieron a empresas privadas norteamericanas; proceso cuyo detalle se expone en el capítulo anterior.

CODELCO está organizada en cuatro Divisiones que corresponden al mismo número de yacimientos: ellas son Chuquicamata, El Salvador, Andina y El Teniente.

A través de dichos yacimientos, CODELCO genera alrededor del 84% de la oferta de cobre exportable del país, en tanto que entre el 16 y 17 por ciento restante proviene de la Pequeña y Mediana minería privada. Esta relación, no obstante, debe variar, debido a las perspectivas de crecimiento del sector privado minero y, en particular, a la incorporación de importantes inversiones externas, que se encuentran en etapa de estudio y que deben concretarse hacia el final de los años 80 y en el transcurso del decenio de 1990.

La producción conjunta de los cuatro yacimientos de la empresa alcanzó a poco más de 1.000.000 de toneladas de cobre fino en 1982. Las reservas comprobadas a ese año permiten asegurar que, manteniendo sus

ritmos de trabajo, Chuquicamata podrá continuar produciendo 150 años más, El Salvador, 25 años, Andina, 300 años y El Teniente 280 años.

CODELCO-Chile gravita significativamente en la economía del país. En el período 1976-1982, por ejemplo, aportó entre un 53 y un 40% del total de las exportaciones del país.

Su producción por tipo de cobre, en 1982, fue la siguiente:

Electrolítico	495.092 tons.
Refinado a fuego	150.348 tons.
Blister	171.446 tons.
Concentrados de Cobre	216.034 tons.
TOTA L	1.032.920 tons.

El cobre electrolítico, con un 99,96% de pureza, puede ser usado en la industria eléctrica, principalmente en el campo electrónico, en las comunicaciones y en la generación y transmisión de energía. Los tipos Blister y Refinado a Fuego tienen amplia aplicación en la fabricación de bronce y latones.

CODELCO también exporta molibdeno, que obtiene como subproducto del cobre. En 1982 entregó más de 20.000 tons. métricas de este metal.

## Proyectos

Algunos de los proyectos que la empresa tiene en marcha o por iniciar, en 1983, con el objeto de mantener su capacidad de producción son los siguiente:

— Tratamiento de los desechos minerales oxidados y los relaves de flotación de Chuquicamata. Se espera que una inversión de US\$ 280 millones arroje un rendimiento de 2,2 millones de toneladas adicionales de cobre, a través de un período de 10 años. Como parte de este programa se considera la ampliación del sistema purificador de la chimenea de la fundición, con lo que se duplicará la producción de ácido sulfúrico en la Planta.

— Ampliación y mejoramiento de la Casa de Fuerza de Tocopilla la que suministra energía eléctrica al complejo de Chuquicamata. En 1982, fue agregada a esta instalación la décimosegunda unidad de poder aumentando su capacidad a 72 millones de Watts. El proyecto incluye el cambio del sistema de alimentación de petróleo a carbón, con lo que se espera reducir considerablemente el costo de generación de energía.

- Construcción de una planta secadora solar en El Salvador, la que estará ubicada en Llanta y será usada para secar los concentrados de cobre, entrando en operaciones en 1984. Este proyecto, también contempla agregar un Convertidor tipo "El Teniente" a la fundición de Potrerillos, para absorber el exceso de la producción de concentrados.

- Apertura de la Mina Sur-Sur en Andina, cuyas evaluaciones indican reservas de 30 millones de toneladas con una ley de 1,7<sup>o</sup>/o de cobre. El mejoramiento de la ley que resultará de la explotación de este mineral, agregado a la expansión del concentrador, de 15.000 a 20.000 TM por día, hará de Andina la mina más rentable de CODELCO-Chile. Se espera que su producción de cobre aumente de 60.000 a 90.000 toneladas de cobre fino.

## Ventas

En 1982 las ventas de CODELCO alcanzaron a 1.035.000 TM de cobre, 16.195 TM de molibdeno y aproximadamente 132 TM de Metal Doré.

De sus ingresos totales (FOB) de 1.660 millones de dólares, 1.414 millones corresponden al cobre.

El principal mercado para CODELCO lo constituyen los países de Europa Occidental con un 46<sup>o</sup>/o de las ventas totales durante 1982. El Mercado Común Europeo es el principal centro consumidor e importador de cobre en forma de Blister y Cátodos.

A los países de economías más cerradas, como el caso de España e Inglaterra, CODELCO les vende, preferencialmente, Blister; a los fundidores de cobre, como Alemania R.F., Italia, Francia e Inglaterra, les vende Cátodos y Refinado a Fuego para la producción de Brass-Mills; y, finalmente, a la industria trefiladora le vende el Alambrón Continuo, producido en las plantas que la propia CODELCO posee en Alemania y Francia.

En el resto del mundo destacan como los principales compradores Japón, Estados Unidos y Brasil.

Japón mantiene altas barreras arancelarias a la entrada de los productos refinados y semi-refinados de cobre. Su elevado consumo del metal (16<sup>o</sup>/o del consumo mundial), le otorga una posición privilegiada de negociación, más aún si las nueve empresas japonesas de mayor envergadura actúan concertadamente. Prácticamente importan como único producto, los concentrados. Las ventas de CODELCO corresponden, en su totalidad, en este caso, a concentrados provenientes de la División Andina.

En Estados Unidos, el principal consumidor de cobre del mundo CODELCO-Chile alcanzó una venta de 170.000 TM en 1982, equivalente a un 8<sup>o</sup>/o del consumo de cobre primario del mercado norteamericano.

Brasil, el principal consumidor de Latinoamérica, compraba el 38<sup>o</sup>/o de su consumo a Chile. Las ventas CODELCO hacia ese país ascendieron a 91.000 TM, en 1982, pero a partir de 1983, debían variar sustancialmente debido a la puesta en marcha de sus propios proyectos de producción y refinación.

Finalmente, un país comprador que requiere especial mención es China Popular, con el cual Chile ha establecido lazos comerciales cada vez más estables. De igual forma, cabe señalar las ventas efectuadas a la India y otros países del Cercano Oriente.

## Personal

La fuerza de trabajo en CODELCO-Chile está conformada, a abril de 1983, por 26.203 trabajadores, de acuerdo a la siguiente composición:

División Chuquicamata	9.788
División Salvador	4.791
División Andina	1.797
División El Teniente	9.068
División Central (Santiago)	759

## Yacimientos

En la División Chuquicamata, CODELCO explota dos yacimientos conocidos como Mina Chuquicamata y Mina Sur (o Exótica). En ambas minas el mineral se extrae a tajo abierto (open pit). En las restantes Divisiones la explotación se hace en forma subterránea, empleándose el método conocido como hundimiento de bloques (block-caving).

## CHUQUICAMATA

**A** 1.700 kms. al norte de Santiago, a 240 kms. al noreste del puerto de Antofagasta (Segunda Región), y a 2.830 mts. sobre el nivel del mar, el yacimiento de Chuquicamata se yergue como la principal fuente de riqueza de Chile: su producción equivale a poco más del 50% de las divisas que el cobre aporta al país.

En medio de la aridez del desierto, este complejo industrial se ha desarrollado, a lo largo de los años, de las más variadas formas. Los arqueólogos e historiadores piensan que los aborígenes, de ascendencia quechua y aymará, aprovecharon el yacimiento en una etapa primaria para la elaboración de utensilios de uso doméstico y armas. Precisamente, los indios "Chucos", habitantes primitivos de la zona del yacimiento, dieron origen a su nombre: en aymará, Chuquicamata, que quiere decir "tierra de los indios Chucos".

Son muy escasas las referencias sobre lo acontecido en el mineral entre los siglos XVI y XVIII. Se sabe, sin embargo, que en sus proximidades, cerca de Calama, existieron en ese período tres pequeñas fundiciones de cobre, en Chorrillos, Chinchoraste y Yalquincha. Ello hace suponer que los españoles y lugareños explotaron superficialmente las vetas de alta ley.

Sólo al término de la Guerra del Pacífico se advirtieron indicios claros del interés por desarrollar faenas de alguna importancia en el yacimiento. En esa época, en efecto, el minero Antonio Toro comenzó a trabajar una veta y, posteriormente, la mina "Zaragoza", una de las más antiguas del área, junto a la mina "Lérida". Esto ocurría en los años 1884-85.



Chuquicamata. Faenas a tajo abierto.

A partir de 1898 se instalaron en la zona numerosas faenas extractivas de mineral de alta ley para fundición directa, algunas de ellas con nombres muy pintorescos, como "No te creo", "Te vine a buscar" y "¿Por qué no?".

Las actividades eran desarrolladas en ese entonces por varias sociedades comerciales, entre las que destacaban la Compañía de Cobre Antofagasta, la Compañía Minera Poderosa, la Sociedad Explotadora de Chuquicamata, la Cía. Minera Zuleta y la Cía. Minera Teodora.

Pero, recién desde comienzos del siglo XX, Chuquicamata alcanzará las características de una explotación a nivel industrial.

Estimulados por el desarrollo comercial creciente de aquellos años, inversores extranjeros comenzaron detenidamente a ubicar en el mapa algunos puntos ricos en materias primas minerales. Algunos de ellos encomendaron al geólogo Albert Burrage un viaje hacia América del Sur en busca de yacimientos de cobre. Burrage conoció Chuquicamata y a su regreso a los Estados Unidos recomendó entusiastamente la conveniencia de invertir en el mineral. Se constituyó así la Chile Copper Company, subsidiaria de The Anaconda Company, que con esta adquisición se convertía en una de las grandes empresas cupreras del mundo. Casi al iniciarse la década de 1920, la empresa cambiaba su nombre por el de Chile Exploration Company, con el cual se mantendría hasta el final de sus operaciones en el país, en 1969.

Después de cuantiosas inversiones en el desarrollo de la mina, el 18 de mayo de 1915, Chuquicamata producía sus primeras barras de cobre. El total producido desde esa fecha alcanza a más de 12 millones de toneladas métricas.

A lo largo de sus años de operación, la mina ha experimentado un proceso de constante avance tecnológico, operando en sus comienzos desde las palas a vapor y perforadoras de golpe de madera, con cordeles, hasta el moderno equipo de que dispone en 1983. A medida que la producción de la mina fue creciendo, sus dimensiones físicas aumentaron. Así, a fines de la década de los cuarenta, la faena comienza a llegar a la zona de transición a sulfuros, lo que determina la construcción de una planta para el tratamiento de este tipo de mineral por el método de flotación y refinación a fuego. La nueva planta es puesta en servicio en 1952 y, paulatinamente, su importancia va aumentando, a la vez que decrece la producción basada en mineral oxidado, que fue mermando hasta su extinción, en 1971. Para reemplazar este tipo de mineral y aprovechar las instalaciones existentes de la planta de lixiviación, en 1970 comenzaron a tratarse las primeras toneladas de mineral de la mina Exótica, la cual vino a sumarse a la producción del complejo.

## Características

En 1983 Chuquicamata es, ya por varios años, la mina de mayor producción de cobre del mundo. Su mineralización, de alta ley en cobre proviene de un "pórfido cuprífero", tal vez el más grande conocido asociado a un proceso importante de enriquecimiento secundario de mineral. En el año 1982, se procesaron en el yacimiento 32.9 millones de toneladas de mineral sulfurado, con ley media de 1,80% de cobre y se extrajeron, además, 46 millones de toneladas de lastre (estéril) y 17 millones de toneladas de mineral para stock, lo que significó mover 300.000 ton. de material por día de trabajo. En 1982, la producción en cobre fino alcanzó a 552.800 toneladas.

La mina tiene la forma de un estadio escalonado. Los escalones o bancos tienen una altura de 13 mts. Las dimensiones del tajo son: 3.600 metros de largo, 1.600 metros de ancho y 450 metros de profundidad.

La extracción del mineral comienza con la perforación y tronadura de los bancos. Luego es cargado por palas electromecánicas a camiones de 120 y 170 ton. de capacidad y transportado a un chancador ubicado dentro de la mina; allí, después de la molienda primaria, es entregado a una cinta transportadora que lo conduce a la concentradora. El producto obtenido, que tiene de 35 a 40% de cobre, es enviado a la fundición y, finalmente, a la refinería electrolítica.

El lastre (estéril) es sacado fuera del tajo de la mina en camiones con capacidad para 170 y 235 ton. métricas, para ser depositado en botaderos ubicados a 4 km. de distancia.

Las reservas del yacimiento suman 6.035 millones de toneladas de mineral con un contenido de 41,57 millones de toneladas de cobre.

En la mina se consumen mensualmente 1.500 ton. de explosivos, 4.000 metros cúbicos de petróleo y 5,6 millones de Kwh de energía eléctrica.

## Mina Sur o Exótica

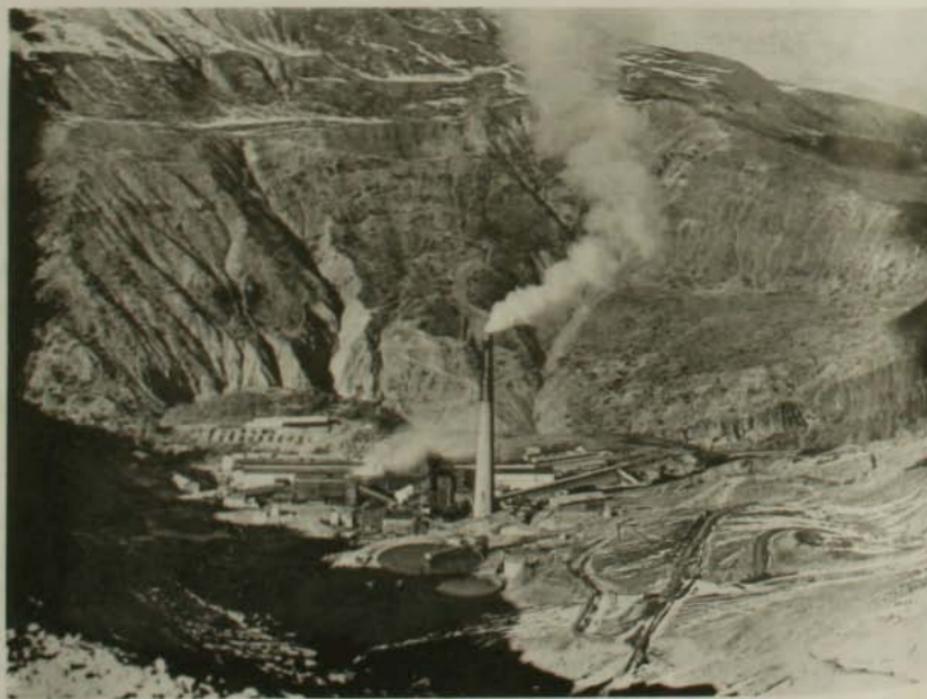
Es un yacimiento de silicato de cobre, situado inmediatamente al sur de Chuquicamata. Se trabaja a tajo abierto, en forma similar a Chuquicamata y sus reservas conocidas alcanzan a 275 millones de ton. de mineral de 1,45%, con un contenido de 4 millones de ton. de cobre.

Mensualmente se extraen 400.000 ton. de mineral de 1,3% de cobre (equivalente a 15.300 ton. por día) y 1.200.000 ton. de lastre.

(equivalente a 46.200 ton. por día). El mineral extraído es transportado en camiones de 120 ton. a un chancador, para luego ser llevado por cinta transportadora a la planta de lixiviación de Chuquicamata. La solución de sulfato de cobre que de allí sale, es enviada a la planta de electrodeposición para obtener el cobre refinado.



Vista general nocturna de "El Teniente"



El Teniente. Vista general

## EL TENIENTE

UN teniente fugitivo de las derrotadas fuerzas realistas habría dado el nombre a este yacimiento, cuando, tras huir, buscó refugio en una caverna situada en Plena Cordillera de los Andes. La leyenda cuenta que, sorprendido del color verdoso de las rocas que allí encontró, recogió algunas muestras y regresó para dar cuenta a las autoridades chilenas de su descubrimiento. El hallazgo le habría significado el perdón.

Según otra versión, el nombre del mineral se debe a Juan de Dios Correa y Saa, quien se hizo dueño del lugar después de contraer matrimonio con doña Nicolasa Toro, nieta del Conde de la Conquista, don Mateo de Toro y Zambrano, que había comprado el yacimiento en 1771. Correa había servido en el Ejército Libertador con el grado de Teniente, combatiendo bajo las órdenes de don Bernardo O'Higgins en la Batalla de Maipú. Lo más probable es que el yacimiento comenzara a ser conocido como "las minas del Teniente" en alusión a su propietario.

Pero la mina, o algunos de sus puntos, ya habían sido explotados por los indígenas de la zona a la llegada de los conquistadores, en el siglo XVI. Los españoles, no se interesaron mayormente por el mineral, en su afán de buscar sólo oro y plata, aunque se sabe de algunos laboreos menores que se efectuaron durante el período colonial.

En 1786 los terrenos de la hacienda en la que se encontraba la mina, pertenecían a la orden religiosa Compañía de Jesús, pero al ser expulsados los jesuitas de los territorios españoles, la propiedad fue subastada. La adquirió, entonces, el comerciante y hombre público don Mateo de

Toro y Zambrano (quien el 18 de Septiembre de 1810 sería elegido Presidente de la Primera Junta de Gobierno, al declarar el país su independencia). En 1819, cuando sus herederos se hicieron cargo de la propiedad, comenzaron las labores mineras con cierta intensidad, bajo el control de don Juan de Dios Correa, quien más tarde también sería un destacado hombre público, desempeñando funciones como la de Alcalde de Santiago y Presidente del Senado.

En 1845, Francisco de Asis Lastarria e Ignacio Domeyko intentaron explotar la mina, aunque sin éxito. Lo mismo ocurriría, en 1850, con Guillermo Blest y, en 1860, con una sociedad integrada por Francisco Sotomayor y Pedro Lucio Cuadra.

Hacia 1870, un ingeniero graduado en Freiberg, Federico Gantner logró desarrollar labores que le permitieron explotar en mayor escala el yacimiento. Durante ese período, El Teniente llegó a producir unas 5 mil toneladas de mineral que fueron tratadas en los hornos de reverbero de Swansea, en Inglaterra.

La mina fue nuevamente abandonada en 1890, cuando, debido a las disminuciones de la ley de los minerales, se hacía necesario disponer de nuevos y mejores recursos tecnológicos para explotarla. En 1897, el inversionista Enrique Concha y Toro, constituyó pertenencias sobre las minas "La Fortuna" y "El Teniente", originándose un litigio con otros reclamantes de la propiedad, el que finalmente sería resuelto mediante un convenio de mutua conveniencia.

Pero no era comercial extraer los minerales de baja ley, considerando los medios disponibles, razón que impulsó a Enrique Concha y Toro a buscar posibles capitales interesados en el exterior.

Así, gracias a los esfuerzos del ciudadano norteamericano William Braden, se iniciaría, a comienzos del siglo XX, la explotación de la mina a nivel industrial. Braden logró interesar a inversionistas norteamericanos formando la Braden Copper Co., empresa que explotaría el yacimiento hasta 1968.

Por Decreto Ley del 29 de abril de 1905 del Ministerio de Hacienda que lleva la firma del entonces Presidente de la República, don Germán Riesco, se autorizó a la Braden Copper Co., para explotar el mineral. Con este Decreto, Braden y un equipo de trabajadores norteamericanos y chilenos inició los trabajos de instalación de faenas, las que culminaron en el mes de junio de 1906 con la producción del primer concentrado en "El Molino", posteriormente transformado en el Campamento de Sewell. Desde esa fecha El Teniente sería objeto de numerosas ampliaciones para mejorar su capacidad e infraestructura.

## Característica:

La mina se encuentra, en línea, a 72 Kms. al Sureste de Santiago. Está unida a la ciudad de Rancagua por una carretera de 67 kms. Por su ubicación, en la Cordillera de los Andes, en invierno se registran en el lugar más de 6 mts. de nieve.

El yacimiento es un pórfido cuprífero con molibdeno, que rodea un cono volcánico. Las reservas de mineral son de 5.950 millones de tons. con ley de 0,86<sup>o</sup>/o. Contiene 51,18 millones de tons. de cobre, por lo que al ritmo de explotación en 1983, sus reservas durarían 280 años. En 1982 su producción alcanzó a 335.900 toneladas de cobre fino.

La mina se explota por el sistema de hundimiento de bloques. Existen 8 niveles de producción. El mineral extraído desciende gravitacionalmente hasta los niveles de transporte principales: Teniente 5 y Teniente 8.

Los transportes horizontales se hacen por ferrocarril eléctrico. Para la aireación de la mina se utilizan 15 ventiladores de 50 a 300 PH de potencia.

En 1983, se extraen 23 millones de tons. de mineral de 1,6<sup>o</sup>/o de cobre por año (70.000 tons. diarias de mineral) que son concentradas en Jewell y Colón.

El proceso que permite extraer el mineral y luego convertirlo en cobre metálico, tiene tres etapas sucesivas:

1. **Extracción:** minería subterránea, la más grande del mundo, enclavada en una de las montañas de la Cordillera de los Andes.

2. **Concentración:** en plantas ubicadas en la superficie y encargadas de chancar, moler y "flotar" el mineral hasta convertirlo en un concentrado de cobre de un 40<sup>o</sup>/o de pureza. Se obtiene también Molibdenita (sulfuro de Molibdeno) como subproducto. Existen dos plantas, la más antigua ubicada en el Campamento de Sewell y la otra en Colón.

3. **Fundición:** Aquí el concentrado se seca y se funde en distintos hornos, hasta convertirlo en Cobre Blister y Cobre Refinado a Fuego, los dos productos que la División El Teniente entrega al mercado.

## a Mina

Está ubicada en el Cerro El Teniente, a 3 kms. Al Sureste del antiguo campamento minero de Sewell. Se ingresa a ella por la parte inferior del cerro y se sube por ascensores o "jaulas" a los diferentes niveles de trabajo.

La Mina tiene dos accesos: "Teniente 8" a 1.983 mts. sobre el nivel del mar, y "Teniente 5" a 2.281 mts. sobre el nivel del mar. El primero

conecta la parte inferior de la Mina con Colón donde se encuentra una de las plantas concentradoras, y "Teniente 5" sale a la parte superior de Sewell para alimentar al concentrador de dicho campamento. En el interior de la Mina existen 3 ascensores que conectan los 14 niveles de trabajo, donde hay oficinas, posta médica, bodegas, aserraderos, salas de compresoras que proporcionan el aire comprimido para el funcionamiento de las máquinas mineras, subestación eléctrica, comedores para los mineros, un complejo sistema de ventilación, diversos talleres de reparaciones, plantas telefónicas, etc.

La roca mineralizada se extrae por gravedad y mediante el sistema conocido como "Hundimiento de Bloques". El sistema consiste en socavar un bloque o paralelepípedo de base rectangular, de unos 60 a 80 metros de ancho, 90 a 120 metros de largo, y 120 a 180 metros de alto, conteniendo unos 5 millones de toneladas de mineral de cobre. Mediante la construcción de túneles y piques especiales, el mineral quebrado por explosivos, cae a los niveles de acarreo para ser transportado por ferrocarriles eléctricos a los concentradores de Sewell y de Colón. La construcción de nuevos piques y galerías alcanzan un promedio de 28 kilómetros al año. La explotación de la mina por el método indicado durante más de 75 años, ha producido un gran cráter artificial en la parte superior del cerro El Teniente, que en días claros se puede distinguir a simple vista desde cierta distancia.

El constante laboreo minero está alcanzando una zona, conocida como roca primaria, de gran dureza y de ley de cobre inferior a la explotada hasta ahora. Con el sistema actual de Hundimiento de Bloques, la roca mineralizada se quiebra en trozos demasiado grandes que dificultan su paso por los piques existentes y su posterior tratamiento en las plantas actuales. Esta situación ha hecho necesaria la instalación de un chancador subterráneo para reducir el tamaño de la roca, junto con grandes instalaciones anexas conocidas como Proyecto Mina Central. Asimismo se están aplicando nuevos sistemas de extracción, que permiten una explotación eficiente de una zona de la Mina especialmente difícil.

## Los concentradores

El más antiguo, ubicado en Sewell, a 2.200 metros sobre el nivel del mar, recibe 35.000 toneladas métricas de mineral por medio del ascenso de la Mina llamada "Teniente 5". El Concentrador de Colón, a 1.900 metros sobre el nivel del mar, recibe 31.000 toneladas métricas por medio del "Teniente 8".

Estas plantas constan de buzones para recibir la roca mineralizada, que se distribuye por correas transportadoras a los chancadores encargados de reducir el tamaño de la roca. Luego los molinos giratorios, conteniendo 200 toneladas de bolas de acero y agua, terminan por pulverizar el mineral.

Esta mezcla, a la que se agregan reactivos químicos y acondicionadores, pasa a las celdas de flotación donde, por agitación mecánica, se produce espuma a la que se adhieren las partículas de cobre y molibdeno, separándolas del resto del material estéril. El estéril o relave se evacúa por la parte inferior de la celda y se deposita en el Tranque Colihues. En una posterior etapa de flotación, se separa el concentrado de cobre de la molibdenita, la que una vez secada se envasa en tambores para su venta tanto en Chile como en el extranjero. Mientras tanto, el concentrado de cobre con un 45<sup>o</sup>/o de pureza, sigue su camino a la Fundición por medio de una cañería de 6 pulgadas de diámetro.

## La fundición

El concentrado de cobre proveniente de la Planta de Colón se deposita en un gran estanque espesador, luego pasa a la planta de filtros y finalmente por los hornos secadores, proceso éste que disminuye la humedad del producto aproximadamente un 8<sup>o</sup>/o. Este "concentrado seco" pasa al "Horno Reverbero", donde es fundido a una temperatura de 1.350 °C. El material así fundido se separa: la parte más pesada, llamada "eje" o "mate" contiene un alto porcentaje de cobre y se va al fondo del horno; la más liviana es escoria, que queda flotando sobre la anterior. Dicha escoria es vaciada por rebalse y se transporta hasta un botadero mediante un tren especial.

El "eje" o "mate" contiene un 50<sup>o</sup>/o de cobre, además de fierro y azufre y se vacía por el fondo del horno y se transporta en grandes ollas a los convertidores, para continuar su purificación.

A través de nuevas tecnologías desarrolladas en la División El Teniente, se procesa parte del "concentrado seco" en dos hornos convertidores de tipo Teniente, de fusión continua, eliminándose la etapa de reverbero. Esto representa un gran ahorro de combustible.

En los convertidores tradicionales, se sopla aire con oxígeno a través del "eje" para eliminar el azufre; se agregan fundentes que eliminan el fierro. La escoria que produce esta etapa se devuelve al reverbero, ya que contiene una apreciable cantidad de cobre. Al resto se le sigue lanzando aire dentro de los convertidores hasta formar "metal blanco" y obtener como producto final Cobre BLISTER de 99,43<sup>o</sup>/o de pureza.

Parte de este producto se moldea en carruseles especiales que le da la forma rectangular tradicional llamada "queques", de un peso aproximado a los 145 kgs. cada uno. También se moldean "queques" de 50 Kgs. La parte de este cobre que no se moldea, sigue su proceso de purificación en los hornos de refinación. En dichos hornos, además de la inyección de aire para eliminar el resto de las impurezas, se introducen grandes troncos de eucaliptus, cuya combustión permite eliminar el oxígeno en suspensión. El resultado es el Cobre refinado a fuego que tiene una pureza de 99,92%. Este se moldea en forma de barras o "lingotes" de un peso aproximado a los 23 kgs. cada uno.

## EL SALVADOR

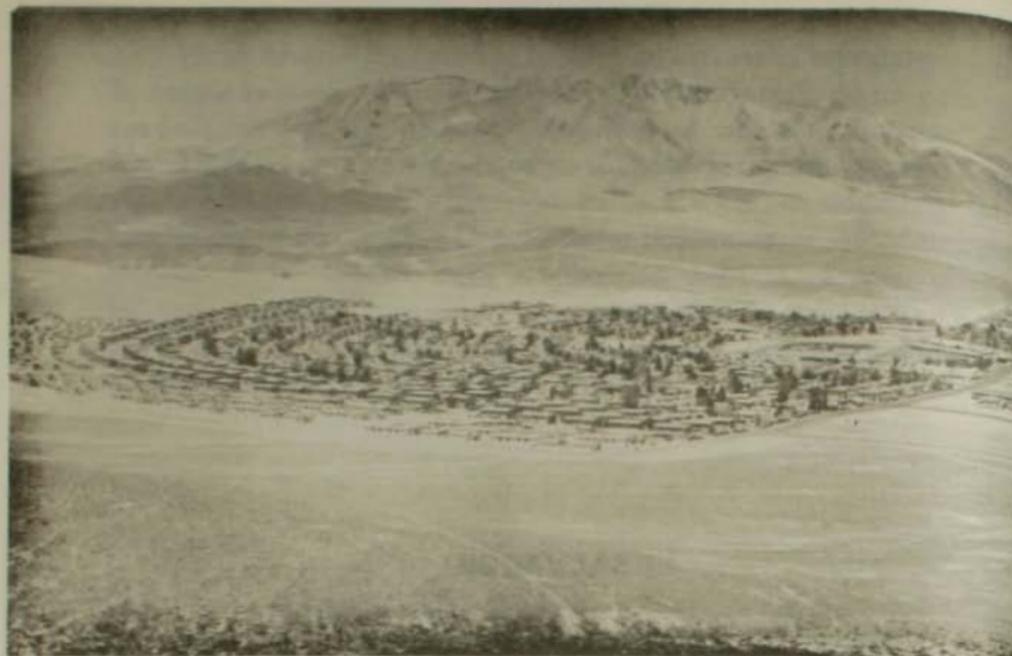
**T**RESCIENTOS millones de toneladas de mineral, con una ley media de 1,05<sup>o</sup>/o de cobre, guarda como reservas probadas el yacimiento de El Salvador, situado en los contrafuertes de la Cordillera de los Andes, a 124 kilómetros de Chañaral.

Asociado a las rocas intrusivas del cerro Indio Muerto, a 2.600 mts. sobre el nivel del mar, el descubrimiento de este yacimiento trajo alivio a la vida económica de esa región, ya que su antecesora, la mina Potrerillos, se había agotado como reserva comercial y la compañía norteamericana que la explotaba parecía obligada a paralizar. Por eso fue bautizado como "El Salvador".

Se estima que don Diego de Almeyda (1763-1856) tuvo estrecha relación con el surgimiento de Potrerillos —la mina original—, pues en esta zona del "Despoblado de Atacama" desarrolló muchas de sus intensas actividades como explorador y pionero de la minería chilena.

Por la zona de El Salvador y Potrerillos pasaba el camino del Inca, que comenzaba en el norte del Perú y terminaba, en su extremo austral, en el río Maule. Muestras de ello hay en el sector llamado "portal del Inca", donde aún se advierten en el terreno trechos de la antigua senda recorrida por los emisarios y servidores del emperador incaico.

Las actividades mineras en gran escala comenzaron en Potrerillos hacia 1920, con el desarrollo de la Mina Vieja por la Andes Copper Mining. Para su explotación, esta empresa instaló plantas de concentración y lixiviación, además de una fundición y el respectivo campamento. Pero también debió habilitar el puerto de Barquitos, vecino a Chañaral, para la salida de los minerales hacia el exterior; una planta de



Campamento de El Salvador.



Refinería electrolítica de "Potrerillos"

energía eléctrica y un ferrocarril entre la mina y dicho puerto.

Con esa infraestructura, la mina de Potrerillos fue explotada entre 1927 y 1959, año en que paralizó por la extinción de sus reservas. En los 32 años de operación entregó una producción total superior a 1.700.000 toneladas métricas de cobre.

En 1949, la empresa Andes Copper decidió efectuar nuevas prospecciones, ante la posibilidad de ubicar otras zonas mineralizadas en los alrededores de Potrerillos. En 1950 comenzaron los trabajos, sin éxito inmediato, pero, cuatro años después, la exploración dio frutos: en la región precordillerana de Indio Muerto, 24 kilómetros al norte, había evidencias de un yacimiento de cobre porfírico. El nombre de Indio Muerto proviene, según la leyenda, de un antiguo cementerio indígena próximo a las minas, las que supuestamente fueron explotadas por los incas.

El hallazgo resultó providencial. Un mes después de entrar en operaciones la nueva mina de El Salvador, la veta de Potrerillos se agotó definitivamente. En Potrerillos fueron mantenidas las instalaciones de fundición y refinación de los minerales, cuyo producto final es cobre blister de 99,7% de pureza y cobre electrolítico similar al elaborado en Chuquicamata.

Las nuevas producciones de concentrados empezaron a fundirse a partir de 1959, construyéndose para este efecto un nuevo horno de reverbero (Nº 3) con bóveda suspendida. En 1965 fue puesta en marcha la refinería electrolítica. Para su diseño se aprovecharon las instalaciones de la planta de electrodeposición, construida en 1926. Finalmente, en 1966, sería instalada la unidad de refinación de cátodos para producir "wirebars".

Las actividades de El Salvador están centralizadas en la mina y en el concentrador. En Potrerillos, donde llega el concentrado a través del ferrocarril, están ubicadas la fundición y la refinería.

La División Salvador, por su producción, cercana a las 90.000 toneladas métricas anuales, es la tercera en importancia dentro de la Gran Minería del Cobre y destaca, fundamentalmente, por la gran diversidad de sus instalaciones. Cuenta no sólo con Planta Concentradora, Fundición y Refinería sino, también, con redes propias de suministro de agua potable e industrial; red de transmisión mediante torres de alta tensión; una extensa red de caminos; su propio ferrocarril e incluso su propio aeropuerto.

### Características

El Salvador es una mina subterránea de sulfuros de cobre correspondiente a la zona enriquecida de un yacimiento del tipo "pórfido".

La extracción mensual es de 1,0 millón de ton. de mineral de 1,05% de cobre. El método de explotación es el de hundimiento de bloques. Por descenso gravitacional, el mineral llega a un nivel principal de transporte donde un ferrocarril eléctrico lo lleva a la concentradora.

Las reservas son de 284 millones de ton. de 1,14%, con un total de 3,24 millones de ton. de cobre contenido; más 362 millones de mineral de baja ley, con 2,5 millones de ton. de cobre contenido. Se espera que las reservas, al actual ritmo de producción, permitan una operación minera superior a los 25 años. En 1982, la producción del yacimiento, en cobre fino, fue de 89.000 toneladas.

El consumo mensual de explosivos es de 100 ton. y el de energía eléctrica es de 2,7 millones de Kwh. Para sostener las galerías subterráneas es necesario un consumo importante de madera, concreto y acero estructural.

## Proyectos

En 1979 CODELCO inició un proyecto de control y automatización del complejo industrial. La iniciativa permitió aumentar en un 5% su capacidad instalada, a partir de 1983, al automatizar las operaciones de chancado secundario y terciario, la molienda, la flotación, el espesamiento de concentrado y la planta recuperadora de agua. Hizo posible, asimismo, un mayor control en el consumo de reactivos y cal usados en la planta de flotación y la incorporación de un sistema de microprocesadores TDC-200 en el control central, que entrega una completa secuencia histórica e impresa del proceso.

Otro proyecto en marcha es la instalación de una planta de secado solar de concentrado de cobre, lo que debe significar una importante disminución de costos, al evitar el transporte del concentrado húmedo.

A partir de 1983, se contemplaban, también, programas para el desarrollo de la mina y la ampliación de la fundación y la refinera electrolítica. Esta última debía aumentar su capacidad de 80 a 96 mil toneladas anuales de cobre fino, de modo que podrá entregar el total de la producción en forma de cátodos.

## ANDINA

**E**L yacimiento de Río Blanco, que corresponde a la División Andina de CODELCO-Chile, está ubicado a cuatro mil metros sobre el nivel del mar, en plena cordillera, a 50 kms. al noreste de Santiago.

Posee, junto con la característica de ser una de las minas de cobre situada a mayor altura en el mundo, un record digno de mencionar: el inicio de su explotación demoró casi un siglo en concretarse.

### Instalaciones subterráneas

Conocido desde 1850, este yacimiento frustró, por muchos años, los esfuerzos de decenas de mineros e inversionistas que soñaban con poder explotarlo, puesto que sus afloramientos eran visibles en la cumbre de la montaña.

Numerosos factores desalentaron estos propósitos. El más importante fue el alto costo que demandaba el inicio de un proyecto de extracción, considerando las difíciles condiciones topográficas de la zona y su riguroso clima.

De ahí que se hiciera necesario, una vez emprendido el proyecto, que todas las instalaciones de tratamiento (chancado, molienda y concentración) fueran habilitadas bajo tierra, lo que, además de otorgar otra singular característica a esta faena, la convirtió en todo un desafío de la ingeniería.



Acceso a pique en El Salvador.

Instalaciones subterráneas de Andina: Celdas de fl.



Las cavernas que cobijan dichas instalaciones tienen 18 metros de ancho, entre 150 y 200 metros de largo, y 20 metros de altura. Están situadas en sectores de rocas de alta resistencia reforzadas con acero.

Por cierto, la faena de extracción también es subterránea. El edificio Hill-Top, donde habitan los operarios (400) está conectado a la mina a través de túneles, de modo que los trabajadores pueden desarrollar toda su actividad diaria sin salir al exterior.

La planta de concentración, a su vez, está conectada a la mina mediante un túnel de 6 km. de longitud.

Las instalaciones subterráneas se estimaron indispensables, puesto que, además del intenso frío, la localización de la mina, sobre escarpadas pendientes, no ofrecía suficiente resguardo contra rodados de nieve y rocas. Así, por ejemplo, el espesador de relaves, que había sido instalado en el área exterior de mayor confiabilidad, fue destruido por un rodado en junio de 1974.

En virtud de estas particulares y difíciles condiciones de trabajo, el yacimiento cuenta con un "Departamento de Nieve", dedicado exclusivamente a labores de seguridad y prevención contra posibles avalanchas.

El transporte de relaves desde el espesador hasta el tranque donde quedan depositados, se realiza también a través de conductos subterráneos, al igual que los concentrados, que son enviados por cañería hasta Saladillo para el proceso de filtrado y secado. Posteriormente los concentrados son transportados en ferrocarril hasta la fundición de Ventanas.

## Inicio de faenas

Con abundante existencia de sulfuros de cobre, la mina de Río Blanco fue inalcanzable hasta 1955, año en que la empresa norteamericana Cerro Corporation decidió intentar su aprovechamiento.

Tras 11 años de sondajes y pruebas metalúrgicas, la compañía se constituyó oficialmente en una sociedad mixta con el Estado chileno, denominada Compañía Minera Andina S.A. Transcurrieron otros 5 años antes de que su primera producción llegara al mercado. Ello ocurrió en octubre de 1970. Al año siguiente la empresa sería traspasada en su totalidad al Estado.

Las reservas cubicadas del yacimiento son de 220 millones de toneladas de mineral, con ley de 1,20% de cobre y 0,015% de molibdeno. En 1982, su producción fue de 54.400 toneladas de cobre fino, en tanto que en 1978 había sido de 47.702 toneladas.

## Nueva mina

En abril de 1983 entró en operaciones el sector sur de Andina (mina Sur-Sur), situado a 2,4 kilómetros al sur del yacimiento original. Esta nueva faena incidirá en un aumento de producción.

Las exploraciones geológicas que descubrieron el yacimiento se efectuaron desde 1977, año en que se resolvieron los problemas de pertenencias mineras entre Andina y La Disputada (yacimiento limítrofe de una empresa privada).

La explotación de la mina Sur-Sur significará incrementar la producción en aproximadamente 1.680.000 toneladas métricas de mineral al año, con una ley media de 1,9<sup>o</sup>/o de cobre, porcentaje notablemente alto. Andina había experimentado un paulatino descenso en sus leyes, que en 1978 eran de 1,2<sup>o</sup>/o en promedio.

La mina Sur-Sur, que es explotada mediante el sistema a tajo abierto, contiene reservas de 30 millones de toneladas. Es un rectángulo de 600 metros de largo por 200 metros de ancho.

Una muestra de la envergadura del mineral lo constituyen los 5.400.000 metros cúbicos de material (hielo fósil y rocas) que fue necesario remover para poder alumbrar las riquezas, depositadas bajo el glaciar Rinconada, donde las temperaturas oscilan entre 8 y 17 grados bajo cero. Este glaciar protegió, durante millones de años, la roca mineralizada de la oxidación, cubriéndola con una capa de hielo fosilizado de 40 metros de espesor.

La actividad extractiva del yacimiento sólo puede ser efectuada entre los meses de septiembre y mayo, ya que las bajas temperaturas y las intensas nevadas impiden una explotación invernal a tajo abierto.

Las siguientes son las proyecciones de producción para la mina Sur-Sur:

Año	Mineral		Mineralizado		Lastre	
	Toneladas	Cu Total %/o	Toneladas	Cu Total %/o	Estéril TM	Hielo
1983	1.680.000	2,80	234.462	0,63	1.130.021	303.029
1984	3.360.000	1,83	449.483	0,62	2.081.108	762.592
1985	3.360.000	1,82	442.654	0,65	740.929	201.891
1986	1.908.804	1,83	—	—	—	—
	10.308.804	1,98	1.126.959	0,63	3.952.058	1.267.512

## Otros Yacimientos

- La Escondida
- El Abra
- Los Pelambres
- Quebrada Blanca
- Andacollo
- Cerro Colorado
- Punta del Cobre

**E**N 1983 varios importantes yacimientos que forman parte de la reserva cuprífera del país, se encuentran en etapa de prospección. Salvo nuevos descubrimientos, estas minas determinarán, básicamente, la expansión de la minería del cobre en el mediano plazo. Entre ellas cabe mencionar La Escondida, El Abra, Los Pelambres, Quebrada Blanca, Andacollo, Cerro Colorado y Punta del Cobre.

### La Escondida

Con reservas estimadas en 382 millones de toneladas métricas, de una ley promedio de 1.92<sup>o</sup>/o, el yacimiento denominado "La Escondida" es, sin duda, uno de los que se poseen mayores expectativas futuras.

Situado a 180 kilómetros al sureste de Antofagasta, fue descubierto en 1981, cuando la empresa minera Utah, de Chile, efectuaba labores de explotación en ese sector. Entre julio y diciembre de ese año, se perforaron tres mil metros de testigos, a cargo de Minera Utah y Getty Oil, compañías que invertirán alrededor de 2.000 millones de dólares en el proyecto.

En el lugar, situado a 3.450 metros de altura, se realizaron 250

sondajes para delimitar el yacimiento y obtener información sobre sus características mineralógicas. Estos trabajos revelaron que el mineral es susceptible de ser explotado mediante el sistema de tajo abierto.

"La Escondida" contiene abundantes minerales de cobre, como bornita, calcopirita y covelina, que podrían ser tratados a través del método de flotación. Hay, además, cantidades menos importantes de molibdeno y plata.

Según las directrices establecidas por Utah y Getting Mines Corporation, en 1984 debe terminarse el estudio de factibilidad correspondiente.

En este centro minero, ya había para 1983, varias instalaciones construidas, como un moderno campamento con oficinas, cabañas para el personal que trabajaba en las exploraciones, casino y comedores.

## El Abra

Ciento treinta millones de toneladas de 0,80% de cobre fino en óxidos y 970 millones de toneladas de sulfuros, con una ley promedio de 0,60% de cobre fino, son las reservas calculadas para este yacimiento, ubicado en la II Región, 45 kilómetros al norte de Chuquibambilla. Pertenece a Codelco, empresa que espera licitarlo.

El Abra es un gran yacimiento de cobre porfídico, formado por tres zonas bien delineadas:

a) Un sector de 140 metros de espesor, compuesto esencialmente por óxidos.

b) Un sector de enriquecimiento secundario débil, que tiene un espesor de 20 metros.

c) Un sector de mineralización hipógena, que posee 400 metros de profundidad.

## Los Pelambres

Este yacimiento situado a 65 kilómetros en línea recta al este de Illapel (en la Quinta Región), y a una altura de 3.300 metros sobre el nivel del mar, fue estudiado por primera vez en 1915, por el ingeniero norteamericano William Braden. Posteriormente, se efectuaron exploraciones a cargo de la Empresa Nacional de Minería y el Fondo Especial de las Naciones Unidas. Estas entidades realizaron levantamientos geológicos y un total de seis mil metros de sondajes; trabajos que permitieron

tieron calcular las reservas probables: 430 millones de toneladas, con una ley de 0,78<sup>o</sup>/o de cobre fino, junto a 0,033<sup>o</sup>/o de molibdeno.

Pertenece a la compañía norteamericana Anaconda, empresa que lo adquirió en marzo de 1979, gracias a una licitación.

### Quebrada Blanca

Ubicada a 170 kilómetros al sureste de Iquique y a una altura de 4.500 metros sobre el nivel del mar, Quebrada Blanca tiene reservas calculadas en 250 millones de toneladas. Podría utilizar el sistema de explotación a tajo abierto, con leyes promedios cercanas al 2<sup>o</sup>/o, durante los primeros 5 años de trabajo.

Conocida desde principios de siglo, la mina está siendo explorada, desde 1977, por un consorcio integrado por The Superior Oil Company, Falconbridge Nickel Mines, Canadian Superior Oil y McIntyre Mines. Estas labores de exploración se realizaron conforme a un acuerdo firmado entre dichas empresas y el Gobierno chileno, en 1976, y según el "Estatuto del Inversionista Extranjero".

Quebrada Blanca está situada a 10 kilómetros del distrito minero de Collahuasi y su cuerpo mineralizado más importante tiene las siguientes dimensiones: 3 mil metros de largo, 700 metros de ancho y 200 metros de profundidad. Pertenece a la Empresa Nacional de Minería.

### Andacollo

Es un yacimiento de cobre porfídico, ubicado al sureste de La Serena y Coquimbo, en la provincia de Elqui (Quinta Región).

Exploraciones realizadas por Noranda Mines Ltda., compañía canadiense que en 1977 firmó un convenio de inversión con el Estado chileno, abandonando posteriormente el proyecto, determinaron que había reservas de aproximadamente 200 millones de toneladas, con leyes de 0,646<sup>o</sup>/o de cobre fino. Contiene, además, oro y molibdeno.

La mina podría ser explotada a razón de 40 mil toneladas por día, con un tratamiento por sistema de flotación. Anualmente, de acuerdo al proyecto, se extraerían 14,6 millones de toneladas en los primeros 13 años. Después bajaría la ley de corte a 0,3<sup>o</sup>/o de cobre fino. El yacimiento es propiedad de ENAMI.

## Cerro Colorado

La etapa exploratoria terminó en julio de 1979 y estuvo a cargo de las empresas Nippon Mining Ltda. y Cerro Colorado Mining Development Co., Ltda.

En dicha fase quedaron cubiertas las reservas existentes en este centro cuprífero, situado a 100 kilómetros al noreste de Iquique, en el sector de Mamiña: habrían 45 millones de TM de sulfuros, con una pureza de 1,10/o, y cerca de 7 millones de minerales oxidados, con una ley promedio de 1,00/o de cobre fino.

Según un acuerdo firmado en 1975 entre la Nippon Mining Co. Ltda. y el Gobierno Chileno (Estatuto del Inversionista Extranjero), la sociedad extranjera tiene un plazo de 10 años para llevar a cabo investigaciones destinadas a determinar la factibilidad de explotación. Los sondeos realizados ya habían establecido, para 1982, que el sistema de explotación adecuado debía ser el de "block-caving" o de hundimiento por bloques.

## Punta del Cobre

Ubicado en Copiapó, este yacimiento dispone de reservas estimadas en 3 millones 500 mil toneladas de una ley de 20/o de cobre insoluble. Su potencial permitiría desarrollar faenas de tipo mediano.

# Localización Explotación y Usos

**E**L cobre ha sido siempre plebeyo”, decía Benjamín Vicuña Mackenna en 1883. “No ha adquirido jamás el prestigio del romance, y menos figurado como el oro y la plata en las grandes pasiones y en los grandes dramas de la historia”.

Agregaba sin embargo: “Es solamente necesario arrojarlo en la horraza mezclado con un poco de estaño para convertirlo en los cañones que, en Viena, bajo Juan Sobiesky, y en Waterloo, al lado de los ingleses, decidieron la suerte del mundo”.

En esa misma época, hace cien años, la industria del cobre estaba iniciando un salto gigantesco, después de haber estado asociado al cobre por cerca de siete u ocho milenios. Más que a los conflictos bélicos, el metal “plebeyo” está ligado al mejoramiento del nivel de vida y al bienestar de la especie humana.

Para Chile ha sido vital en su desarrollo. Principal fuente de divisas, representa en la actualidad, por lo menos, la mitad de sus exportaciones y en ciertas ocasiones se aproximó hasta el 90 por ciento.

Pero ¿qué es específicamente el cobre? ¿Dónde se encuentra en la naturaleza? ¿Cuáles son sus principales características?

## Localización

Las rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas son las principales fuentes de este metal, donde se encuentra en forma de mantos, diques y vetas muy quebradizas. Generalmente, entra en combinación con el oxígeno, lo que da lugar a los óxidos, y con el azufre, con el cual constituye los sulfuros.

La diferencia entre los minerales oxidados y sulfurados de cobre

radica, básicamente, en sus propiedades químicas. Mientras en los óxidos de cobre, el metal debe ser tratado mediante soluciones de ácido sulfúrico y otros reactivos, en los sulfuros debe ser separado del azufre a través de un proceso denominado "flotación", sistema que aprovecha la propiedad de los minerales para flotar en un medio favorable, separando las impurezas que los acompañan.

Este método tiene un curioso origen. Se dice que fue la esposa de un humilde minero australiano quien observó que las partículas de plomo quedaban flotando, adheridas a las burbujas de jabón, mientras lavaba las ropas de trabajo de su marido.

Otra diferencia entre los dos tipos de minerales de cobre es su localización. Los oxidados, primeros yacimientos cupríferos explotados, se encuentran sobre la superficie terrestre, o muy cerca de ella, y se han formado gracias a la acción del oxígeno del aire. Se puede decir que han surgido por la descomposición y oxidación de los minerales sulfurados. Los principales minerales oxidados de cobre existentes en Chile son la azurita, la malaquita, la crisolita, la cuprita y la bochantita.

Los minerales sulfurados, mezclas complejas de sulfuros de cobre y fierro, combinados con compuestos de cinc, arsénico, antimonio, bismuto, telurio, plata, oro y otros, se constituyeron a mayor profundidad, lo que ha evitado la acción del oxígeno del aire sobre ellos.

El cobre se halla también ocasionalmente como metal puro en las formaciones rocosas, formando delgadas láminas. Cuando se presenta de esta manera elemental, recibe el nombre de "cobre nativo".

Aunque el cobre se puede hallar en alrededor de 170 minerales, los tres nombrados son los más comunes.

En la actualidad, los yacimientos oxidados son escasos, ya que se les ha explotado desde tiempos remotos. Los asientos cupríferos que justifican económicamente una explotación son, en general, de una ley aproximada de 2<sup>o</sup>/o, es decir, que de 100 kilogramos de mineral, sólo 2 kilogramos corresponden a cobre fino.

Chile es un país privilegiado en este sentido, puesto que dispone de abundantes reservas de minerales oxidados en los yacimientos de "Chuqui-norte" y "El Abra". En los yacimientos de El Salvador, Chuquicamata, Andina y El Teniente, hay, fundamentalmente, minerales sulfurados.

"Como la arena en el desierto..."

Con un peso atómico de 63.542 y una temperatura de fundición de 1.084 grados, el cobre tiene como características esenciales la ductibilidad

lidad, maleabilidad y conductividad eléctrica.

Es asimismo bastante resistente a los agentes atmosféricos. Por eso, en Europa se le empleó mucho en el revestimiento de techumbres, lo que aún es posible observar en determinadas ciudades de ese continente (claro que con la característica tonalidad verdosa, debido al tiempo transcurrido).

El cobre no se oxida a temperaturas normales, cualidad que ya los fenicios, los grandes navegantes de la antigüedad, conocían y aprovechaban, porque lo usaron para confeccionar los clavos con que armaban sus famosas embarcaciones.

El cobre tampoco es atacado por los óxidos no oxidantes y sus cloruros son insolubles.

Despreciado como "la arena del desierto" —según dijo Vicuña Mackenna— por los europeos que llegaron durante la Conquista a nuestro país, el cobre fue, desde fechas que es imposible establecer, utilizado por los indígenas del territorio. Hay numerosos testimonios de ello: una alpaca de cobre oxidado descubierta en Freirina, cinceles hallados por obreros que abrían un canal en San José de Maipo, alfileres, espejos, martillos y otros utensilios confeccionados por los aborígenes que poblaban Chile a la llegada de los españoles.

En cierto modo, lo mismo ocurrió en el resto del mundo, ya que el potencial económico que significaba el metal rojo sólo varió algo cuando Faraday inventó, en 1831, el generador eléctrico, promoviendo el uso de este mineral.

## Desde desinfectantes a equipos científicos

El cobre es un metal base, de gran diversificación y empleo tecnológico y de pocas posibilidades de sustitución, pese a ciertas tentativas de introducir al mercado cables de aluminio, cañerías de plástico y fibras ópticas en telecomunicaciones.

Debido a su condición mecánica y a su conductividad, no superada por ningún otro producto a precio competitivo (es el segundo conductor eléctrico después de la plata), la producción mundial de cobre está destinada en un 55% aproximadamente, al rubro eléctrico y electrónico. Se le utiliza en los generadores de las centrales eléctricas, en el alumbrado público e incluso en los diminutos cables que permiten el funcionamiento de los relojes eléctricos.

La industria de la construcción es el segundo rubro que utiliza este producto, con un 16% de la producción total, para revestimiento de techos, instalaciones de calefacción, servicios sanitarios y aire acondicio-



Hojas madres de celda electro

Anodos.

nado, entre otros. Un 10<sup>o</sup>/o es usado en los equipos industriales, la industria automotriz, el transporte naviero y ferroviario, donde el cobre está presente en los motores eléctricos y como conductor.

La creciente importancia de este metal se debe también a su condición de "mineral estratégico". Empleado en la Edad Media para confeccionar algunas armas, hoy es utilizado, tanto en complejos implementos militares, como en la exploración espacial, donde hace funcionar tableros de control, interruptores y bornes de conexión, con un 2<sup>o</sup>/o de la producción mundial.

Las comunicaciones consumen un 6<sup>o</sup>/o, puesto que las radios, televisores y teléfonos, por nombrar sólo algunos medios de comunicación, tienen componentes de cobre, al igual que los artefactos electrodomésticos, con un 3<sup>o</sup>/o de consumo.

Otro 5<sup>o</sup>/o está agrupado en otros múltiples usos, tales como la elaboración de fungicidas y desinfectantes de uso agrícola (aquí se emplean sales de cobre y oxiclورو de cobre). También se usa como fertilizante de suelos pobres y en la fabricación de joyas, linotipias, monedas, placas, quincallería, objetos de arte y estatuas (en la confección de la Estatua de la Libertad, por ejemplo, se necesitaron 300 planchas de cobre, antes de ser fundida, tras lo cual Francia pudo hacer entrega a Estados Unidos del magnífico monumento de 73 metros de altura).

### Situación chilena

Una de cada ocho barras de cobre producidas en el mundo, a lo largo de la historia, ha provenido de las minas chilenas. Esto se debe a que nuestro país es, probablemente, el área de la tierra que presenta la mineralización cuprífera más extensa. Contiene el 21,5<sup>o</sup>/o de las reservas mundiales, cifra que tal vez pueda llegar al 30<sup>o</sup>/o después de futuras exploraciones. La cubicación de nuestras reservas indica un potencial de 37 millones de toneladas, factibles de aumentar a 55 millones.

Un estudio efectuado en 1970 por la Comisión Económica para América Latina (CEPAL) confirmó que Chile posee las mayores reservas del mundo, con casi una cuarta parte del total.

Como dato anecdótico cabe hacer presente que durante la Segunda Guerra Mundial, Chile fue uno de los principales abastecedores de metal rojo de las fuerzas aliadas. De 17,5 millones de toneladas que se consumieron entre 1939 y 1945, nuestro país aportó 3,1 millones.

Otra muestra de la riqueza cuprífera de los yacimientos nacionales está representada por las numerosas empresas extranjeras que han llegado a invertir en minas de cobre en Chile, desde principios del presente siglo.

En Chuquicamata, el yacimiento a tajo abierto más grande del

mundo, ubicado al interior de Antofagasta, en la II Región, las reservas cubiertas alcanzan a 1.400 millones de toneladas de mineral, con una ley media de 1,20%. No se conoce la profundidad límite de este yacimiento, por lo que se supone que los cálculos conocidos podrían aumentar considerablemente. Expertos afirman que Chuquicamata, que en setenta años de operación ha rendido más de 13 millones de toneladas de cobre fino, y cuya producción representa más del 50% del mineral extraído por la Gran Minería Chilena, puede ser explotada, al menos, hasta la segunda década del siglo XXI.

Es importante indicar que la explotación de vetas cupríferas no conduce sólo a la obtención de cobre, sino también a la recuperación de numerosos subproductos que suelen estar combinados con éste, y que son también de gran valor comercial, como molibdeno (óxido de molibdeno, ferromolibdeno y concentrado de molibdeno), plata, paladio, platino y ácido sulfúrico, entre otros.

Los concentrados chilenos de cobre son ricos en molibdeno. Con una producción bruta de 740 mil toneladas de cobre en 1974, la Gran Minería obtuvo unas 16 mil toneladas de concentrado de molibdenita, las que contenían unos 18 mil millones de libras de molibdeno puro, cuyo valor es de 36 millones de dólares.

En tanto, en 1982 la venta de subproductos del cobre por parte de Codelco-Chile significó un ingreso de US\$ 217,1 millones. La producción total de molibdeno fue de 20.048 toneladas métricas de contenido fino, producidas sobre todo en Chuquicamata.

El metal doré (oro, plata, paladio, platino), a su vez, rindió 116,1 toneladas métricas y el barro anódico: 44,1 toneladas.

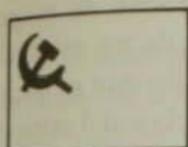
La producción de cobre de la pequeña y mediana minería (sector privado) alcanzó en 1982 a 206.000 ton., representando un 18%, aproximadamente, del total nacional. Sumada esta cifra a 1.032.920 toneladas producidas por las cuatro divisiones de la empresa estatal Codelco-Chile (Chuquicamata, El Salvador, Andina y El Teniente), el total de la producción chilena ese año llegó a 1.238.920 ton. de cobre fino (cifra provisional).

Se estima que Chile podrá seguir produciendo cobre por más de un siglo. El total de las reservas identificadas ascienden a 125,32 millones de toneladas, en tanto que las reservas demostradas llegan a 73,93 millones de toneladas de cobre contenido.

## Sistemas de explotación

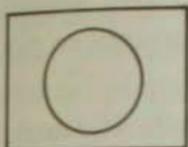
El reconocimiento de la zona mineralizada, la prospección o análisis

PRODUCCION MUNDIAL DE COBRE EN AÑO 1879  
(Toneladas)



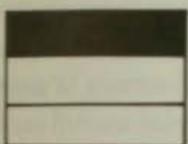
3.353

U.R.S.S.



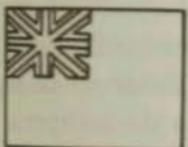
3.962

JAPON



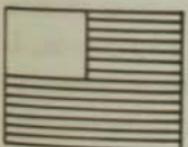
9.144

ALEMANIA



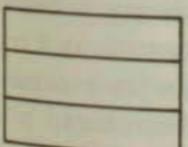
9.625

AUSTRALIA



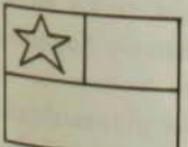
23.924

E.E.U.U.



33.895

ESPAÑA



46.422

CHILE

de las características más importantes del yacimiento y la confirmación definitiva de la importancia de éste, son algunos de los pasos que es necesario seguir antes de iniciar la explotación de una veta o un manto cuprífero.

Estos trabajos tienen como objeto evitar el derroche de recursos técnicos y humanos que puede significar la extracción de un mineral de baja ley o que existe en muy escasa cantidad. Es por ello que se hace indispensable efectuar la cubicación o estimación del tonelaje del mineral y sus leyes, además de estudiar la conformación de las masas de tierra y roca que cubren el metal, la forma y extensión de la veta, además de efectuar otras investigaciones previas mediante la exploración en piques, socavones y galerías.

La explotación de un yacimiento cuprífero puede efectuarse de varias maneras: a tajo abierto, por hundimiento de bloques o "block-caving", mediante subniveles o con piques, entre los sistemas más comunes.

1.— **A rajo o tajo abierto:** apto para las minas cercanas a la superficie y de gran magnitud, que poseen una capa de material estéril o "lastre" de mediana importancia, la que deberá ser removida para sacar el metal rojo.

La explotación se realiza mediante bancos o cortes escalonados (de 12 a 15 metros de altura aproximadamente), que se determinan según características del yacimiento para obtener el máximo de recuperación sin peligro de derrumbes. Se perforan con grandes máquinas unas líneas de tiro, hechas de tal manera que las tronaduras remuevan el máximo de roca mineralizada, la cual es quebrada por los explosivos. Estos explosivos contienen, generalmente, nitrato de amonio y sodio, y son operados mediante detonantes eléctricos. La carga y el transporte del mineral se hace con ayuda de palas mecánicas.

Este método de explotación va formando, a medida que se extrae el cobre, una especie de anfiteatro con bancos que se comunican a través de caminos y líneas férreas. Permite, además, operar sin limitaciones de tamaño o espacio, como en el caso de la explotación subterránea.

En Chile está la mayor mina a tajo abierto del mundo: Chuquibambilla, en Antofagasta. Este sistema es utilizado también en La Exótica, Carolina de Michilla, Mantos Blancos, en la misma zona; y Sagasca, en Tarapacá (estas tres últimas son empresas privadas).

El paso siguiente es el traslado del cobre hasta la planta de chancado.

2.— **Sistema de explotación por hundimiento de bloques:** empleado para las minas subterráneas, en las cuales hay que construir túneles de

acceso para llegar hasta la zona mineralizada. Es aplicable para los yacimientos de gran extensión y altura, que se encuentran en topografía montañosa, como en el caso de la mina El Teniente. En este asiento cuprífero se han desarrollado más de mil kilómetros en túneles y galerías en 14 niveles, lo que permite explotar numerosos bloques que contienen cobre.

La remoción de las rocas con contenido de cobre se efectúa mediante explosivos, tras lo cual se explota la veta a través de pisos o niveles, situados a diferentes elevaciones del cerro mineralizado. Este método de explotación permite aprovechar la fuerza de gravedad para economizar transporte dentro del yacimiento. Por ello, las labores se llevan a cabo con una inclinación superior al talud natural (45°/0), aprovechando así el peso del propio mineral. A este tipo de explotación se le conoce también como de "manera invertida", ya que el nivel del punto de extracción permite el máximo aprovechamiento de la fuerza de gravedad. Luego de que el metal va pasando por los distintos niveles de la mina a través de piques y galerías verticales, es vaciado a grandes depósitos o "troyas", que se han construido en diversas zonas del túnel de extracción o túnel principal, situado al pie del cerro. Cuando el mineral ya ha alcanzado el nivel de acarreo, es depositado en convoyes que lo llevan hasta la planta de chancado.

Además de El Teniente, en Chile se emplea esta modalidad en la explotación de El Salvador, en Atacama; y en el yacimiento de Río Blanco (Andina) en Aconcagua.

Por su parte, el sistema de explotación mediante subniveles, se aplica en las minas El Cobre y Disputada de Las Condes (privada). Consiste en avanzar en la explotación mediante niveles buitras (tal como en el método de hundimiento de bloques), reemplazando el nivel de hundimiento por perforaciones que son tronadas y hunden la zona mineralizada. El mineral va después hasta bóvedas llamadas buzones, aprovechando la fuerza de gravedad.

Otro sistema es el de pilares, apropiado para las minas que no poseen una capa importante de material estéril. Se extrae mineral en un sector hasta la superficie, se deja un pilar mineralizado que sirve como base, se explota otra zona, se deja otro pilar, continuando así la explotación de manera sucesiva. Los sitios explotados reciben el nombre de "paño" o "cámaras", donde luego se vacía el material estéril. Esta operación se realiza con el fin de tener seguridad en la explotación de los pilares mineralizados restantes. Se evitan, asimismo, posibles asentamientos de terreno.

Este sistema se emplea preferentemente en la Mediana y Pequeña Minería.

## OBTENCION DE COBRE METALICO

El material que se obtiene de las minas contiene, en la mayoría de los casos, un porcentaje bajo de cobre, del orden de 2<sup>o</sup>/o.

Está constituido por minerales (compuestos químicos de cobre), como sulfuros de cobre y hierro y minerales con contenido de oxígeno, como óxidos, carbonatos, silicatos de cobre, etc. Junto con ellos existen metales preciosos, como oro y plata, libres o combinados, mezclados con minerales sin valor comercial, como sílice, silicatos, óxidos y sulfuros de hierro, aluminio, magnesio u otros metales que forman la llamada ganga. El conjunto se denomina mena.

Para llegar a la obtención del cobre metálico, en último término, es necesario aplicar procesos químicos, llamados hidro o pirometalúrgicos, según se desarrollen en soluciones acuosas o en líquidos obtenidos por fusión mediante el fuego.

Sólo algunas menas pueden ser tratadas por hidrometalurgia. Son aquellas que contienen especies minerales de cobre oxidadas que son solubles en soluciones de ácido sulfúrico, y cuya ganga es casi insoluble en dichas soluciones. Cualquier mena puede ser beneficiada por fusión, pero, el proceso es caro, aplicable sólo a menas con alto contenido de cobre o metales preciosos. En caso contrario, la mena debe ser previamente concentrada para que su tratamiento sea rentable.

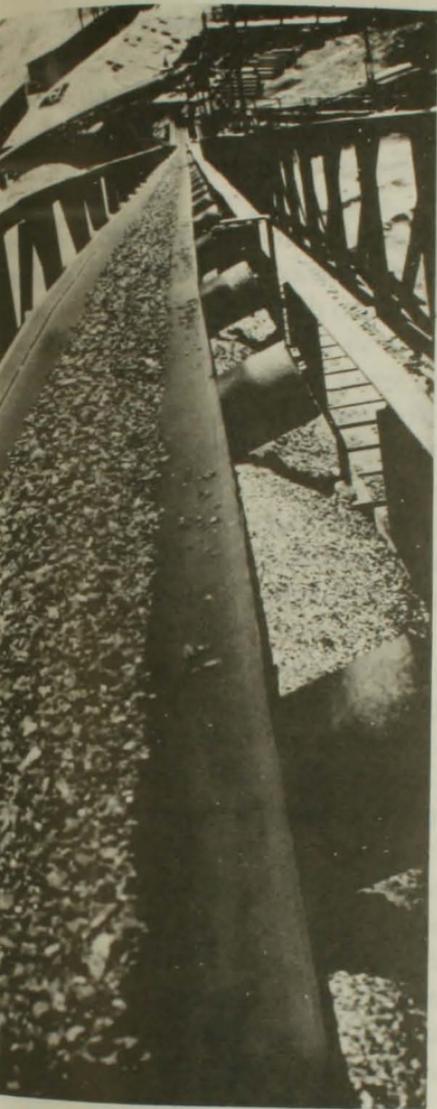
Cualquiera que sea el proceso a que se someta la mena, es necesario convertirla a trozos de tamaño reducido o pulverizarla.

La primera reducción de tamaño, hasta obtener trozos no mayores de 6 a 25 milímetros, se realiza en los equipos de chancado.

### CHANCADO

Las chancadoras son máquinas que someten los trozos de mena a altas presiones o golpes hasta romperlos.

Normalmente el chancado se realiza en varias etapas sucesivas, cuyo número depende del tamaño máximo que se recibe en la instalación y del tamaño final que se trata de obtener. Es corriente usar tres chancadoras o grupos de chancadoras en serie. Cada una de estas máquinas entrega el producto con un tamaño de 1/3 a 1/5 del que recibe. En las plantas de chancado se evita, en general, que una chancadora reciba trozos más chicos de los que ella entrega, harneando la mena antes de entrar a la



Transporte de mineral  
en proceso de molienda.



Planta Valenar.

chancadoras. El fino obtenido por los harneros, se mezcla con el producto de la respectiva chancadora.

La última etapa de chancado se hace frecuentemente en circuito cerrado, esto es: la descarga de la chancadora se lleva a un harnero cuyo sobrante se devuelve a la chancadora para obtener un producto final que pasa totalmente por el harnero.

Las instalaciones de chancado cuentan con los elementos necesarios para llevar el material de una máquina a otra, sistemas para regular el flujo de mena, como alimentadores, tolvas o depósitos de almacenamiento, etc.

## MOLIENDA O PULVERIZACION

El aumento de fineza de la mena, cuando es necesario para el proceso subsiguiente, se ejecuta en una suspensión acuosa como pasta, en molinos rotatorios de bolas, o de barras y bolas, si la molienda se hace en dos etapas.

Los molinos son tambores de gran diámetro y longitud, forrados con corazas de acero especial o goma y llenos, más o menos en un 40%, con barras o bolas de acero. Al rotar el tambor por efecto de la fuerza centrífuga, las bolas o barras se elevan y caen en forma de cascada sobre las que están abajo, triturando los granos de mena que se encuentran entre ellas.

La mena entra y sale de los molinos en forma continua y, junto con los granos que han alcanzado el tamaño deseado, salen otros que no han sido suficientemente triturados. Por tal motivo, la descarga de los molinos se somete a una clasificación en hidrociclones o clasificadores mecánicos, que separan la parte que ya ha alcanzado la fineza deseada y devuelve al molino el material más grueso.

## CONCENTRACION

Como está dicho, para que el proceso de fundición sea rentable en general, es necesario obtener de la mena un concentrado cuyo contenido en metales valiosos sea lo suficientemente alto. Esto se logra, aplicando métodos que aprovechan las diferentes propiedades físicas o físico-químicas que tienen los minerales valiosos y los que constituyen la ganga, como su peso específico, propiedades eléctricas, magnéticas y de superficie.

Los minerales de cobre se concentran casi exclusivamente por el método de flotación, que aprovecha las distintas propiedades superficiales.

les naturales o adquiridas que existen entre los sulfuros de cobre y la ganga.

Algunas sustancias, como el mármol, la sílice, etc., se mojan fácilmente con agua. Otras, como la parafina y grasa sólidas, el grafito, el azufre, etc., no se mojan. Se puede decir que sus superficies tienen mayor avidez por el aire que por el agua.

El proceso de flotación se aplica a la mena pulverizada a una fineza variable, según el tamaño de los granos de minerales valiosos, que es del orden de 0.1 mm.

A la suspensión acuosa de mena o pulpa se agregan pequeñas cantidades de distintos reactivos. Entre otros, se usan los siguientes:

**Espumantes:** Que, al modificar la tensión superficial del agua, permiten la formación de espuma de cierta persistencia.

**Colectores:** Son reactivos que tienen la propiedad de cubrir selectivamente partículas de los minerales que se quiere flotar, dejándolos con una superficie grasosa. Los más conocidos son los xantatos.

**Modificadores:** Como la cal, que cambian la avidez de las distintas especies minerales por los colectores.

El proceso se inicia con un período de acondicionamiento que puede empezar en el molino y sigue en un estanque con un revoledor de hélice, que permite la interacción de los reactivos y minerales.

La pulpa acondicionada pasa a una serie de celdas de flotación, que son pequeños estanques con impulsores que la agitan, introduciéndole aire dividido en pequeñas burbujas. Este aire es aspirado por los propios impulsores de la atmósfera o insuflado, mediante sopladores, a las celdas.

Al encontrarse las burbujas de aire con partículas que tienen avidez de él, se unen a las burbujas y suben juntas a la superficie de la pulpa, formando, gracias al efecto del espumante, una capa de espuma que se mantiene en la superficie y rebosa a canales adosados a las celdas, con o sin ayuda de paletas rotatorias.

La espuma colectada en las canaletas entra a otras celdas para repetir el proceso y enriquecerse y, si tienen suficiente ley, salen del proceso para separar el concentrado del agua que lo acompaña.

La mayor parte del agua que acompaña al concentrado se elimina, primero en un espesador y después en un filtro.

El espesador es un estanque cilíndrico, que tiene un cono invertido, centrado en el fondo y un sistema mecánico para trasladar la pulpa que cubre toda la superficie del fondo al cono central. La cúspide del cono está unida por cañería a una bomba que aspira desde el espesador.

La pulpa alimenta el espesador y se extrae de él en forma continua. Como consecuencia de la decantación de los sólidos, la dilución de ellos

en la napa de pulpa vecina al fondo del espesador, es menor que la correspondiente a la pulpa que entra al mismo. El agua que corresponde a la diferencia de diluciones rebosa por el borde del espesador a una canaleta que rodea al estanque. El agua que rebosa permite obtener del cono de espesador una pulpa con una concentración de sólidos superior al 500/o.

La pulpa espesada alimenta a uno o más filtros mecánicos. En estas máquinas se extrae el agua a través de una tela filtrante. El equipo produce una diferencia de presión entre las caras de la tela, que obliga a escurrir el agua a través de ella. La caída de presión se consigue mediante compresión, en el lado de la tela en que se encuentra la pulpa.

Los filtros permiten obtener un "queque" con una humedad de 80/o, o menos en algunos casos, que es suficientemente baja como para llevar estos concentrados directamente a los hornos de fundición. Sin embargo, corrientemente es necesario seguir secando los concentrados obtenidos de los filtros por calor, antes de alimentar con ellos los hornos. Este último secado se logra por el calor solar en canchas de secado o en secadores calentados con combustibles.

## LIXIVIACION CON ACIDO SULFURICO

La mena se pone en contacto con soluciones diluidas de ácido. Los minerales oxidados de cobre pasan al líquido en forma de sulfato. Posteriormente, la solución es tratada para retirar de ella el cobre contenido obtenido por precipitación.

Para disolver el cobre, se aplican dos procesos: de Percolación o de Agitación.

**Percolación:** En el método de percolación, el mineral chancado, a un tamaño conveniente, se deposita en varios estanques o pilas ubicadas sobre una superficie impermeable inclinada. A los estanques se agrega solución ácida en cantidad tal, que llena los huecos que dejan sobre sí los trozos de mena o se hace circular en forma continua. Generalmente, la solución se introduce por arriba y se retira por el fondo, a través de una superficie filtrante. El líquido se trasvasija de un estanque a otro que contiene mena de mayor ley y, cuando se ha enriquecido lo suficiente, se somete a precipitación. Si el tratamiento se hace en pilas, la solución escurre sobre los trozos de mena hasta llegar al fondo inclinado y se recoge en una canaleta. Se hace circular, repetidas veces, en la misma pila antes de precipitar el cobre. Cuando la disolución del cobre ha

terminado, se agrega agua, que reemplaza la solución impregnante. El agua agregada sale del estanque o pila con cierto contenido de cobre. A esta solución, muy diluida en cobre y ácido, se agrega ácido concentrado para transformarla en solución con capacidad de ataque.

**Agitación:** En algunos casos, como cuando la ley de la mena es alta en cobre, los granos de minerales de cobre son muy pequeños o la mena tiene contenidos interesantes de metales preciosos o minerales de cobre insolubles, es conveniente pulverizar la mena antes de lixiviarla.

En estos casos, la lixiviación se realiza por agitación, precedida de flotación, para recuperar los valores insolubles, si existen.

El método consiste en mezclar la mena pulverizada con solución disolvente y mantenerla en suspensión, en estanques agitadores durante algunas horas.

Cuando la disolución ha terminado, la pulpa se hace pasar por varios espesadores en serie. La pulpa espesada en cada uno de ellos, se pasa al espesador siguiente, en tanto que, la solución que rebosa, se pasa de un espesador al anterior. En el último espesador, la pulpa espesa del penúltimo se mezcla con agua. En esta forma, la ley de la solución que rebosa de los espesadores se va enriqueciendo desde el último al primero, y la solución que acompaña a la pulpa espesada se empobrece en sentido contrario. Es el método de lavado en contra corriente.

El rebose del primer espesador se somete a precipitación.

Como es necesario agregar cantidades bastante grandes de agua, se obtiene, en general, una solución con contenidos de cobre y ácido bastante bajos, que no puede precipitarse por electrólisis sin ser concentrada.

**Precipitación:** La precipitación se realiza por electrólisis directa; por electrólisis precedida de extracción por solventes, o por cementación con chatarra de hierro u otro método, como el del anhídrido sulfuroso que se usa en el proceso de la planta de Mantos Blancos.

La precipitación electrolítica puede aplicarse sólo a soluciones con contenido alto de cobre y bajo de impurezas. Si estas condiciones no se cumplen, la solución debe ser sometida al proceso de extracción por solvente. En todo caso, ciertas impurezas deben ser eliminadas antes de la electrólisis.

La precipitación electrolítica se realiza en cubas inatacables por ácido. En ellas cuelgan alternadamente una serie de planchas que hacen el oficio de ánodos y cátodos. Los ánodos son construidos de una aleación insoluble en ácido. Los cátodos, por delgadas planchas de cobre puro llamadas hojas-madre. Tanto los ánodos como los cátodos están conectados entre sí en paralelo y, respectivamente, a los polos positivo y negativo, de una fuente de corriente continua.

Al aplicar tensión, los iones de cobre presentes en la solución migran hacia los cátodos, donde su carga eléctrica se neutraliza, se transforma en átomos y se depositan en las hojas-madre. Al mismo tiempo, los iones sulfúricos que llegan a los ánodos, regeneran el ácido que estaba combinado con cobre.

Los metales preciosos y algunas impurezas se depositan en el fondo de las cubas, formando el barro anódico, que es retirado por agujero ad-hoc y sometido a tratamientos especiales para separar los valores que contiene.

Cuando los cátodos han alcanzado cierto espesor, se retiran de las cubas para ser fundidos, desoxigenados y luego moldeados, constituyendo barras de cobre electrolítico.

**Extracción por solvente:** El proceso de extracción por solvente aprovecha la propiedad de ciertos reactivos que, en presencia de una solución de cobre débilmente ácida, modifican su molécula, reemplazando el hidrógeno que contienen por cobre, enriqueciendo la solución en ácido, al mismo tiempo que la empobrecen en cobre. A la inversa, si la solución es rica en ácido, se apoderan de iones hidrógeno y entregan cobre a la solución.

El sistema se aplica mezclando, por agitación, una solución del reactivo en querosene con las soluciones de lixiviación, hasta formar una emulsión. El cobre pasa a las gotitas de la solución del reactivo (llamada impropriamente solvente), en tanto que la solución acuosa aumenta su acidez.

Los dos líquidos se separan, dejando reposar la emulsión. La solución acuosa se devuelve al proceso de lixiviación y el solvente es tratado para pasar el cobre a una solución ácida de alta ley sin impurezas y devolver al solvente su condición original. La regeneración del solvente y extracción del cobre de él, consigue, emulsionándolo, una solución rica en ácido.

La nueva solución acuosa, es sometida a electrólisis y el solvente es usado para extraer cobre de nuevas cantidades de soluciones de lixiviación.

**Cementación:** La cementación se basa en la reacción entre una solución de sulfato de cobre y hierro metálico. El cobre se precipita en forma metálica como polvo, o si la ley de cobre es alta, como láminas, en tanto que el hierro toma su lugar en la solución, formando sulfato de hierro.

El proceso se realiza en tambores rotativos de acero inoxidable, bronce, madera o hierro revestido de material refractario, o en canales de concreto con o sin forro de brea u otro producto antiácido.

Se trata de obtener movimiento de la solución sobre la superficie

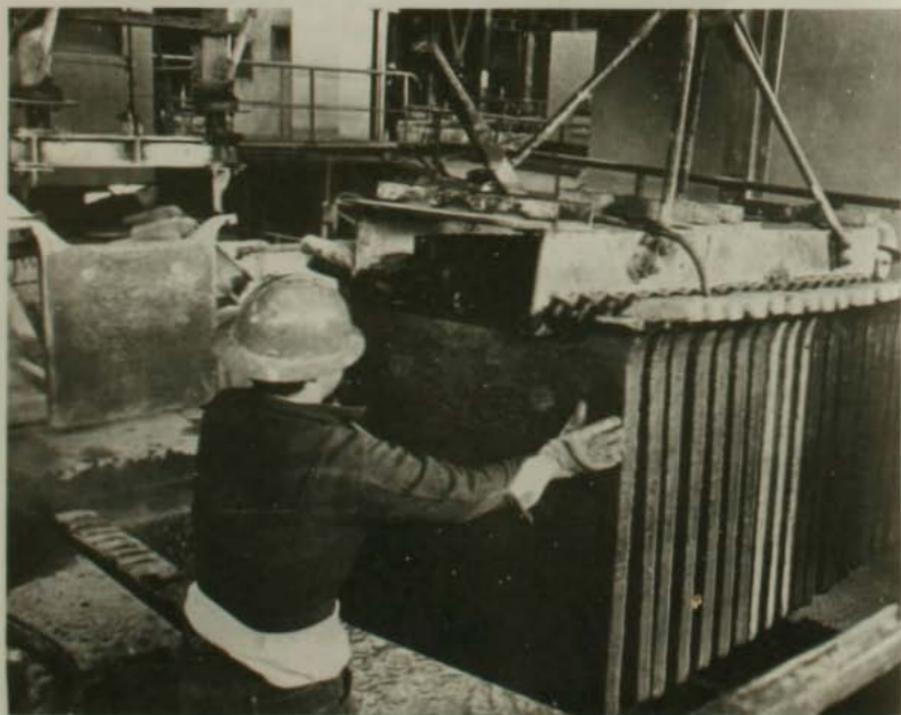
Descarga de concentrado.





Celdas de fi

Anodos de cobre en Paipote.



del hierro, de modo que dicha solución, empobrecida por la precipitación del cobre, sea reemplazada rápidamente por otra más rica.

Si la precipitación se hace en tambores, el polvo de cobre (cemento de cobre), se separa de la solución empobrecida en espesadores y filtros. Si se precipita en canaletas, el cemento se recoge del fondo de ellas, lavando antes los trozos de chatarra de hierro para sacar el cemento que pudiera haberse depositado en ellos.

## FUNDICION DEL COBRE

La fundición del cobre, se realiza actualmente en dos etapas:

Primero se funde la mena, y/o concentrado mezclados con fundentes, en un horno de reverbero, obteniéndose dos productos: el eje o mata, que contiene el cobre y la escoria, constituida por la ganga combinada con los fundentes.

Después se oxida la mata en convertidores, agregando fundentes especiales para obtener nuevamente escoria y cobre metálico de una ley de 98 a 99,4<sup>o</sup>/o, llamado cobre blíster.

**Fusión en Reverbero:** El horno de reverbero tiene una superficie rectangular; su techo, que tiene forma abovedada, refleja el calor hacia abajo, al lecho fundido. Se calienta mediante quemadores de petróleo o carbón pulverizado, ubicados a un nivel superior al nivel del lecho, formado por dos capas de líquido que no se mezclan entre sí.

La capa superior, que está formada por distintas clases de silicatos, constituye la escoria y la inferior, más densa, por una mezcla o combinación de sulfuros de cobre y hierro, constituye la mata o eje de cobre.

La mata contiene prácticamente todo el cobre contenido en la carga y los metales preciosos, de los que es un excelente colector.

El horno está dotado de dos agujeros de descarga, situados a distintos niveles, tapados con greda. Periódicamente se abren uno u otro, para descargar escoria por el más alto y el eje por el inferior.

La escoria se transporta, en trenes de grandes recipientes, al botadero o escorial. El eje se trasvasija a una olla de varias toneladas de capacidad y de ahí a los convertidores mediante un puente grúa.

Durante el proceso de conversión se quema el azufre de los sulfuros; primero el de los de hierro y después el de los de cobre. El hierro se oxida, haciéndolo apto para combinarse con el fundente, que se agrega oportunamente.

Los convertidores son hornos cilíndricos de plancha de hierro revestidos con ladrillos refractarios. Pueden rotar en torno a su eje horizontal.

Están dotados de una boca circular de salida de gases, ubicada en su superficie cilíndrica, que sirve además, para recibir la carga, como para descargar el convertidor, haciéndolo girar. Tienen, además, una serie de toberas, ubicadas en una generatriz del cilindro, para introducir, a través de ellas, aire comprimido al seno de la carga fundida.

El proceso se realiza sin consumo de combustible. El sulfuro de hierro se descompone por reacción con el aire, generando anhídrido sulfuroso y óxido de hierro que se combina con sílice que se agrega intermitentemente al convertidor, para formar escoria. La escoria de conversión tiene una cantidad apreciable de cobre, por lo que es devuelta al horno de reverbero.

Terminada la oxidación de los sulfuros de hierro, queda en el convertidor, sólo el sulfuro de cobre llamado metal blanco. El proceso de oxidación debe continuar hasta quemar el azufre restante y dejar sólo cobre fundido, con oro, plata y otros metales.

El metal se retira del convertidor y se moldea formando barras de cobre blister o se pasa a otros hornos para ser refinado a fuego aumentando su ley (y, en forma considerable, su precio), o se moldea como ánodos para su refinación electrolítica.

## REFINACION

**Refinación al fuego:** En esta operación se ocupan hornos cilíndricos o de reverbero. Se realiza en dos etapas. En la primera etapa, se introduce aire comprimido al lecho fundido para formar óxidos de los elementos ajenos al cobre, que se gasifican o forman escoria con los fundentes que se agregan al horno. La escoria se retira del horno por una boca de escoriado.

Después, a fin de eliminar el oxígeno contenido en el cobre, se inyecta petróleo exento de azufre, con una cantidad limitada de aire, para obtener llama reductora en los quemadores, y se meten al lecho fundido grandes trozos de eucaliptus.

El cobre refinado es vaciado en moldes, de los que se saca cuando se haya solidificado. Del moldeo se obtienen barras en su forma final para ser vendidas, o ánodos para la refinación electrolítica.

**Refinación electrolítica:** Se aplica cuando el refinado a fuego no es de gran pureza o contiene metales nobles. Permite obtener un cobre muy puro, con más de 99,9% de fino.

El proceso es similar al de precipitación electrolítica. Se usan ánodos de cobre en lugar de los insolubles y, hojas madres como cátodos.

El electrolito es una solución de sulfato de cobre con unos 40 grs. de cobre y 200 de ácido sulfúrico, por litro.

El cobre de los ánodos se disuelve ionizándose y migra a los cátodos, debido a la diferencia de potencial eléctrico existente. En este caso, se produce desprendimiento de oxígeno en los ánodos, pues, el ion sulfato que llega a ellos, reacciona con el cobre en lugar de hacerlo con el hidrógeno del agua. Después de alrededor de dos semanas, el cátodo ha aumentado su peso a unos 130 kilos, y pasa a llamarse cátodo comercial. Con un 99,97% de cobre fino, puede ser vendido como tal o moldeado

Los restos de los ánodos son enviados nuevamente al horno, donde se funde y moldea para retornar al sistema de refinación electrolítica.

Lo mismo que en el caso de la precipitación electrolítica, en el fondo de las cubas queda "barro anódico", que contiene los metales nobles. El resto de las impurezas quedan disueltas en el electrolito. El cátodo incluye plata, oro, telurio, selenio y pequeñas cantidades de cobre. Puede exportarse o ser tratado en una planta de metales nobles.

Una última etapa para obtener barras de cobre electrolítico, consiste en fundir los cátodos comerciales en hornos de reverbero y someterlos a un proceso de fusión y refinación idéntico al requerido para la producción de cobre anódico.

Este cobre es moldeado en forma de barras alargadas, con un peso de 92, 113 ó 120 kilos, dependiendo de los requerimientos de los compradores.

Este es el producto conocido como "wire-bars" o barras para alambre, que tienen una ley promedio de 99,97%.



Carga de mineral  
en vetón de mina  
"Lo Aguirre".



Caldera: embarque de cobre de Paipote.

## APLICACION DEL COBRE Y SUS ALEACIONES

### Aplicación

#### Barcos y Buques

- Depósitos de agua

- Ejes

- Guarniciones

- Pernos

- Placas tubulares

- Quincallería

- Tornillos y grapas

- Tuberías agua potable

- Tuberías agua salada

- Tubos condensador

#### Revercerías

- Serpentes de calentamiento

- Cubas de fermentación

- Depósitos de agua caliente

- Tuberías

- Tubos

#### Destilerías

- Alambiques

- Condensadores

- Cubas de fermentación

- Tuberías

#### Purificación

- Canales y bajantes

- Depósitos de agua caliente

- Guarniciones arquitectónicas

### Materiales

- Cobre, latón con silicio.

- Latón naval, cuproaluminio.

- Latón, alpaca.

- Latón naval, latón con silicio.

- Latón ( $Zn_4O$ ) con plomo, latón naval, cuproaluminio, cuproníquel.

- Latón con silicio, latón, bronce, alpaca.

- Latón con silicio.

- Cobre, latón (bajo Zn).

- Latón almirantazgo, latón con aluminio, cuproníquel.

- Latón almirantazgo, latón con aluminio, cuproaluminio, cuproníquel.

- Cobre, cuproníquel.

- Cobre, latón con silicio.

- Cobre, latón con silicio.

- Cobre, latón (bajo cinc).

- Cobre, latón con silicio.

- Cobre.

- Cobre, latón almirantazgo.

- Cobre.

- Cobre, latón (bajo cinc).

- Cobre (afino térmico o ETP).

- Cobre, latón con silicio.

- Cobre, latón (bajo cinc), latón ( $CuZn_4O$ , latón arquitectónico, alpaca).

- Quincallería
- Tejados
- Telas metálicas
- Tuberías agua, vapor baja presión, refrigeración, acondicionamiento
- Vierteaguas

### Industria eléctrica

- Conductores
- Conmutadores
- Contactos
- Muelles y muelles conductores

### Industria del gas

- Conducciones
- Tubos de refrigeración del gas

### Refinería petróleo

- Canales para conductores eléctricos
- Pantallas
- Placas tubulares
- Tuberías de bombas
- Tuberías y tuberías de fango
- Tubos de condensadores y cambiadores de calor

### Ingeniería mecánica

- Alabes de turbinas y supercompresores
- Cojinetes

- Latón, alpaca.
- Cobre (afino térmico o ETP).
- Cobre, latón (bajo Zn).
- Cobre, latón (bajo Zn).
- Cobre (afino térmico o ETP).

- Cobre exento de oxígeno, cobre electrolítico tenaz, cobre ETP con plata, cobre-cadmio.
- Cobre electrolítico tenaz, cobre ETP con plata, cobre-circonio.
- Cobre-cadmio, cobre-cromo.
- Cobre-berilio.

- Cobre.
- Latón almirantazgo.

- Latón con silicio.
- Latón  $\text{CuZn}_4\text{O}$ , latón naval.
- Latón ( $\text{Zn}_4\text{O}$ ) con plomo, latón naval, cuproaluminio con níquel.
- Latón (bajo Zn).
- Latón, latón (bajo Zn).
- Latón almirantazgo, latón con aluminio, latón (bajo Zn), cuproaluminio y cuproníquel.

- Cuproaluminio, monel.
- Bronce fosforoso, bronce grafitado, bronce con cinc y plomo, bronce sinterizado, cupruplomo, cuprosilicio-manganeso.

- Cuerpos de bombas y válvulas, tornillos, aplicaciones estructurales en general
- Engranajes y piezas mecánicas sujetas a desgaste
- Herramientas anti-chispa
- Muelles
- Piezas extruídas y forjadas en caliente, incluidas pletinas y perfiles de todo tipo; accesorios de tubería y muchas piezas pequeñas para mecanismos ligeros
- Piezas fundidas, estancas a presión y en general
- Piezas huecas y curvadas obtenidas por estampación en frío y entallado, incluidos cartucherías, recipientes de todas clases, casquillos de lámparas y muchas piezas de alambre curvado
- Piezas inyectadas, principalmente ganchos, engranajes, horquillas y pequeñas piezas mecánicas
- Piezas maquinadas u obtenidas por maquinado, especialmente en máquinas automáticas
- Radiadores y refrigeradores de aceite
- Soldadura fuerte (aleaciones para)
  - Bronce con cinc, cuproaluminio con manganeso, latón alta resistencia, latón naval, monel.
  - Bronce fosforoso, bronce con cinc, cuproaluminio, cuprosilicio-manganeso, latón alta resistencia.
  - Cobre-berilio, cuproaluminio, cuproaluminio con manganeso.
  - Bronce fosforoso, cobre-berilio, cuproníquel, latón.
  - Cobre, cuproaluminio, latón a+b más plomo, latón alta resistencia, latón naval.
  - Bronce con cinc, bronce con cinc y plomo, cuproaluminio, cuproaluminio con manganeso, latones a+b.
  - Alpaca, bronce fosforoso, cobre, cuproníqueles, latón a, latón (similor), latón con silicio.
  - Cuproaluminio, latón naval, latón con silicio.
  - Bronce con cinc y plomo, cobre con azufre, cobre con telurio, latón alta resistencia, latón con plomo.
  - Cobre, cuproníquel, latón (cartuchería).
  - Alpaca (con silicio), cobre desoxidado, cobre fosforoso, cuproaluminio, latón ( $Zn_4O$ ), latón ( $Zn_5O$ ), latón alta resistencia, latón.

- Toberas, portaelectrodos y piezas fundidas para aplicaciones de alta conductividad térmica, punta de soldadores, machos y boquillas para fundición inyectada.
- Tuberías para lubricantes, aceites líquidos, agua y vapor a baja presión
- Cobre, cobre-berilio, cobre-cadmio, cobre-cromo, cobre con telurio.
- Cobre.

### Ingeniería eléctrica

- Transporte de energía en condiciones normales
- Transporte de energía en condiciones rigurosas, por cargas mecánicas, vibraciones o rozamientos
- Aplicaciones de alta conductividad y temperatura relativamente elevada
- Aplicaciones de alta conductividad con buena maquinabilidad
- Casquillos de lámparas, tapas de interruptores y accesorios similares
- Levas, horquillas, piezas de interruptor terminales y piezas vacías
- Muelles de contacto
- Resistencias (alambres para)
- Piezas fundidas de alta conductividad, incluidos electrodos para soldar
- Piezas sinterizadas para electrodos de soldar y contactos.
- Cobre electrolítico tenaz Cu-ETP.
- Cobre-cadmio, cobre con alm. de acero.
- Cobre desoxidado con fósforo, cobre-cadmio, cobre-cromo, cobre con plata, cobre con azufre, cobre con telurio.
- Cobre con azufre, cobre con telurio.
- Alpaca, cobre, latones,
- Bronce con cinc, cuproaluminio, latón (Zn<sub>4</sub>O) con plomo latón alta resistencia.
- Bronce fosforoso, cobre, berilio, cuproníquel.
- Alpaca, cuproníquel, cuproníquel con manganeso.
- Cobre desoxidado con fósforo, cobre-berilio, cobre-cromo.
- Cobre.

### Ingeniería química

- Cambiadores de calor, incluidas tuberías de condensadores,
- Cobre desoxidado, cobre con arsénico, cuproaluminio,

- Cestas, cadenas y ganchos para decapado
- Depósitos, vasijas, cadenas, auto-claves y calderería en general
- Industria papelera, incluidas telas metálicas Fourdrinier
- Piezas fundidas, tales como placas tubulares para cambiadores de calor, para aplicaciones en condiciones de no fuerte corrosión
- Piezas fundidas para bombas, válvulas, resistentes a la corrosión y al desgaste
- Tuberías para líquidos y gases poco corrosivos.
- Tuberías y accesorios para salmueras y soluciones similares
- Tuberías para refrigeración

#### Ingeniería naval

- Hélices y timones
- Piezas de bombas y válvulas, boquillas de aspersion, etc.
- Tubos y placas de condensadores
- Tuberías y accesorios para agua de mar

- cuproaluminio con manganeso, cuproníquel, latón con aluminio, latón almirantazgo, latón naval (forjado).
- Cuproaluminio, cuproníquel, latón con silicio, monel.
- Bronce fosforoso, cobre desoxidado con arsénico, cuproaluminio, cuproníquel, latón con silicio, monel.
- Bronce, cuproaluminio con manganeso, latón, latón con silicio.
- Bronce con cinc, cuproaluminio con manganeso, latón alta resistencia, latón naval.
- Bronce, bronce con cinc, cuproaluminio, cuproaluminio con manganeso, latón con silicio, monel.
- Cobre desoxidado, cobre con arsénico.
- Cuproaluminio, cuproníquel, latón con aluminio, latón con silicio, monel.
- Cobre.
- Cuproaluminio, cuproaluminio con manganeso, latón alta resistencia.
- Cuproaluminio, bronce, bronce con cinc, bronce con níquel, latón alta resistencia, monel.
- Cuproaluminio, cuproníquel, latón con aluminio.
- Bronce, bronce con cinc, cuproaluminio, cuproníquel, latón con aluminio, latón con silicio.

- Tuercas, tornillos, cadenas y ganchos
- Telas metálicas contra insectos
- Tuberías para agua fría y caliente, gas y calefacción, vistas o empotradas. Tuberías de desagüe
- Accesorios no magnéticos de botácoras, telégrafos de órdenes, etc.
- Accesorios decorativos
- Guarniciones para embarcaciones pequeñas
- Ojetes de vela y pequeños accesorios
- Bronce, bronce con cinc, cuproaluminio, latón alta resistencia, latón naval, latón con silicio.
- Cobre, bronce fosforoso, latón, latón (similor).
- Cobre (preferentemente desoxidado), latón rojo (Zn<sub>15</sub>).
- Latones.
- Alpaca, cobre, cuproaluminio, latón, latón (similor).
- Cobre, latón almirantazgo, latón naval.
- Latones.

#### Construcción e instalaciones

- Calderas y calentadores de agua
- Depósitos y cisternas
- Manguitos para tuberías, grifos y válvulas
- Metalistería arquitectónica y decorativa, incluidos perfiles de puertas y ventanas
- Radiadores y unidades de calefacción para agua caliente o vapor
- Tejados, vierteaguas, barreras antihumedad, canalones y trabajos de chapa en general
- Cobre (preferentemente desoxidado), latón con silicio.
- Cobre (preferentemente desoxidado), latón con silicio.
- Alpaca, bronce, bronce con cinc, latón fundido.
- Alpaca, cobre, cuproaluminio, latón (similor), latón con silicio, latones varios.
- Cobre (preferentemente desoxidado).
- Cobre (preferentemente desoxidado).

#### Industria Papelera, de impresión y textil

- Bombas, válvulas, barras batidoras, piezas fundidas o forjadas en general, resistentes a la corrosión
- Cilindros y placas para impresión.
- Bronce, bronce con cinc, bronce con níquel, cuproaluminio, latón con silicio, monel
- Cobre.

- Tela metálica Fourdrinier
- Tintas metálicas
- Tubercías y accesorios para pastas y soluciones

### Instrumentación

- Bobinados y discos de Foucault
- Calibres de deformación por resistencia
- Muelles y diafragmas, incluidos tubos Bourdon y fuelles
- Piezas pequeñas de precisión o maquinadas
- Placas, ruedas dentadas y otras piezas para relojes, contadores e instrumentos similares
- Resistencias eléctricas constantes
- Termopares y conductores compensadores
- Tubos capilares

### Aplicaciones decorativas y domésticas

- Acabados electrolíticos decorativos
- Agujas, grapas, cadenas, escarpías y artículos domésticos varios
- Campanas
- Carpintería metálica, incluidas vitrinas y pasamanos, etc.
- Cubiertos y artículos de mesa
- Estatuas y piezas fundidas decorativas, incluidas puertas y bastidores
- Jarras, cadenas, depósitos para agua caliente, paneles de protección, calentadores, etc.

- Bronce fosforoso, latón (cartuchería), latón (similor).
- Polvos de bronce y latón.
- Bronce, bronce con cinc, cuproaluminio, cuproníquel, latón con silicio.

- Cobre de alta conductividad.
- Cuproníquel.

- Alpaca, bronce fosforoso, cobre-berilio, monel.
- Cobre con telurio, latón con plomo.
- Latón (de relojería).

- Alpaca, cuproníquel, cuproníquel con manganeso.
- Cuproníquel.

- Cobre, cuproníquel.

- Cobre, latón.
- Latón.

- Bronce de campanas, latón con silicio.
- Alpaca, cobre, cuproaluminio, latón, latón (similor), latón alta resistencia.
- Alpaca, latón (plateado).
- Alpaca, bronce, bronce con cinc, cuproaluminio, latón.

- Cobre (estañado), latón

- Joyería, rótulos, ceniceros y recipientes decorativos como cajas para cigarrillos y polveras
- Monedas y medallas
- Pinturas y tintas

- Alpacas, cobres, latón, latón (similor).
- Alpaca, bronce bajo, cobre, cuproníquel, latón (similor).
- Polvos de cobre y latón.