

Informe: El Cobre en la VI Región

INDICE

1. Introducción página 2
2. Procedencia de la Materia Prima página 3
3. Definición de Cada Etapa del proceso página 4–14
4. Relevancia de la artesanía
5. Conclusión y Bibliografía.

INTRODUCCIÓN

El cobre es sin duda, el mineral que le da el mayor aporte económico para el país, entregándole recursos económicos a la población, más empleo, como se podría decir: el sueldo de Chile, eso si, son varios los puntos de discordancia, como el impacto ambiental que genera este recurso, en todo su proceso de transformación, desde que es extraído de las mineras, su refinación y su posterior elaboración de productos; la polución que genera, atrae graves problemas de salud para las personas, en especial de aquellos que trabajan en las mismas mineras, se han hecho estudios a cerca de la contaminación que genera las industrias del cobre en los suelos y que son esencialmente de cultivos, en este ámbito se permite una cantidad muy baja de cobre en los suelos, pero que en algunos sectores de la VI región se ha detectado que sobrepasan los límites permitidos; que es aproximadamente 100mg/kg (que esto se considera límite crítico). Al igual que en el lago Rapel o en el valle del Cachapoal, que en muchas partes se sobrellevan los límites. Entonces la pregunta es la siguiente: ¿Vale apreciar más la economía que el ambiente?. Sin Duda es un punto de discusión que lo más probable que lleve años y que en este trabajo se analizará.

El proceso del cobre en si, es muy parecido a otras formas de extracción y transformación; como el acero, pero su utilidad es completamente diferente, gracias al cobre los artesanos a que se dedican a este trabajo pueden lograr llevar una vida que le permita sobrevivir en este mundo globalizado, que por el exterior es bombardeado por nuevos productos que llevarán a la crisis de la artesanía, en este informe también se analiza el impacto social que tiene trabajar en esta área.

A continuación, se señalará el primer punto de este informe: La procedencia de la Materia Prima, en que nos basamos principalmente en la mina que predomina en la VI Región, La mina El Teniente.

PROCEDENCIA DE LA MATERIA PRIMA

En la sexta región, principalmente se obtiene el mineral del cobre a través de las minas, tanto en los cerros, como a niveles de superficie del mar, en este caso la Mina El Teniente, es de características subterráneas, incluso es la mina subterránea de cobre más grande del mundo; con mas de 1200 kilómetros de túneles perforados.

La Mina El Teniente es la principal productora de cobre en la Región, y por lo tanto es la que predomina tanto a nivel social como económico en este sector. Esta mina esta situada a 154 kilómetros al sudeste de Santiago, en una montaña que domina el valle de Cachapoal, a 2500 kilómetros aproximadamente sobre el nivel del mar; el mineral producido se transporta en camiones hasta Rancagua y desde allí, por vía férrea, a San Antonio, donde es transportada a diferentes partes del país y del mundo.

En el interior de la mina, el aire está muy enrarecido, por lo que un elemento fundamental en la explotación son los dispositivos de ventilación. Para extraer el mineral se hace mediante explosiones de dinamita completamente controlados, la mina es de tipo invertido, explotándose de abajo arriba, por lo que los materiales se traen por gravedad, luego son llevados por rieles hacia el exterior, a pesar de esto, actualmente se aplica un sistema del tipo LHD, que son robots manejados con joystick para el área de explosiones, operado por personas calificadas en el rubro.

En los años 90`, esta mina producía 300.000 toneladas anuales, actualmente supera ampliamente esa brecha, logrando ocupar el segundo lugar entre las regiones productoras del mineral, superada por supuesto, por Antofagasta.

El sector industrial esta muy vinculada con la minería, en especial porque cerca de la mina El Teniente, se encuentra las fundiciones de Coya, Caletones y Pangal, que principalmente procesan los minerales de la mina El Teniente.

DEFINICIÓN DE CADA ETAPA DEL PROCESO

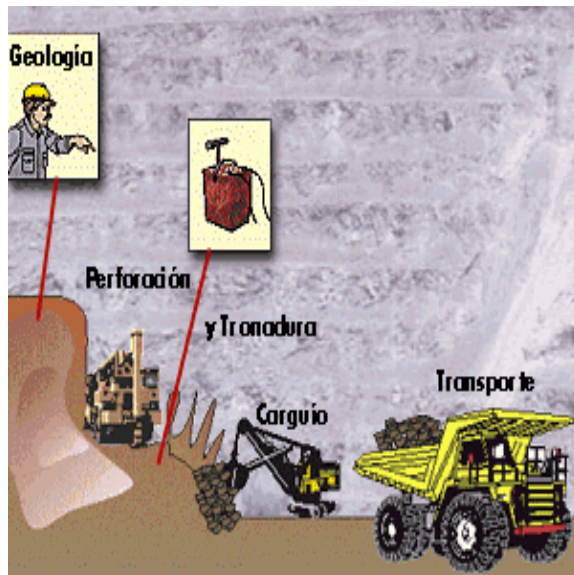
Esta parte consiste en varias fases; pero antes hay que señalar cual es el objetivo, porque todo empieza desde el macizo rocoso a la roca mineralizada. El objetivo de este proceso es extraer la porción mineralizada con cobre y otros elementos desde el macizo rocoso de la mina (que puede ser a rajo abierto, subterránea o la combinación de ambas) y enviarla a la planta, en forma eficiente y segura, para ser sometida al proceso de obtención del cobre y otros elementos.

Para ello, debe lograrse la fragmentación de la roca, de manera que pueda ser removida de su posición original o in situ, cargar y transportar para ser procesada o depositada fuera de la mina como material suelto a una granulometría manejable.

Aquí es la forma que tiene los túneles subterráneos, lo mas espaciosos posibles para desarrollar de manera eficaz, los procesos de transporte y producción.

Luego viene el proceso de extracción, en donde comprende diversas etapas y también distintos equipos de trabajo para las diferentes áreas que a continuación se señala:

1. **Geología:** En esta primera fase, se hace un estudio a cerca del sector donde va a ser explotado, que cantidad de mineral posee y entrega la información de las características físicas, químicas y mineralógicas del material a extraer.
2. **Planificación:** En esta etapa elabora el plan minero, considerando todas las variables (geología, operación, mantención, costos, plazos, etc.) que intervienen en él.
3. **Operaciones:** Aquí es el punto del proceso principal, en esta parte hay cuatro subcategorías; desde la perforación hasta el transporte del material; a continuación se señalará estas etapas:



1) *Perforación*: En esta parte se aplica la parte de la maquinaria perforadora, mediante diferentes clases y diferentes diámetros; tales como de martillo o verticales, haciendo que los orificios de los túneles sean acordes con la posterior explosión de estos y luego la extracción de los minerales. Se agrega agua durante la perforación en zonas secas a fin de evitar la polución ambiental. La perforación secundaria se realiza con perforadora neumática montada sobre orugas.

2) *Tronadura*: Luego viene el proceso de los explosivos; A diferencia de la explotación a rajo abierto, una mina subterránea extrae el mineral desde abajo hacia arriba, utilizando lo más posible la fuerza de gravedad para producir la fragmentación y el desplazamiento del mineral hacia los puntos de carguío.

La otra diferencia importante es que en la mina subterránea no se extrae roca estéril, sino que debido a los altos costos que implica la construcción de túneles, la explotación se concentra preferentemente en las zonas de mineral. Existe una variedad de métodos de explotación subterránea, pero el más utilizado en la extracción de grandes yacimientos es el conocido como hundimiento por bloques.

Éste consiste en provocar el desprendimiento de una porción del macizo rocoso del resto de la masa que lo rodea. Para ello y mediante el uso de explosivos, se socava la base de una columna de roca mineralizada, de manera que el resto de la columna se fragmente paulatinamente hacia arriba y se desplome hacia los puntos de extracción especialmente ubicados para captar la casi totalidad del material quebrado de la columna.

* En la foto muestra un Sistema de "hundimiento por bloque". Se ponen explosivos en la base de un cubo imaginario el que se debilita y por efecto de la gravedad cae como grandes rocas por los embudos contruidos en el cerro.

3) *Carguío*: El carguío consiste principalmente en transportar los explosivos hacia la zona de tronadura, también proporciona ayuda para sacar los desechos de los explosivos hacia el exterior, mediante palas eléctricas y cargadores frontales, unas de mayor y menor proporción, logrando adecuarse a los espacios de la mina, la extracción de los desechos se hace mediante baldes gigantes que después se destina a la última fase que es el de transporte.



4) *Transporte:* En esta ultima fase, principalmente se despacha los camiones a diferentes partes; un grupo de ellos se dedica al transporte de desechos a los diferentes botaderos, otro grupo es destinado a llevar los minerales obtenidos hacia las diferentes plantas de refinación y otro grupo ayuda al sistema de carguío.

Y para destacar también tienen un grupo de apoyo en el caso de tener dificultades para hacer estas etapas; tanto tractores sobre oruga, moto niveladoras, tractores de neumáticos, etc. También ayudan a la creación de caminos, o anexos, a sistemas de ventilación; cabe destacar que este equipo de trabajo debe ser muy preciso en la hora de hacer los diferentes caminos al interior de la mina, ya que un solo descuido y la mina puede atraer mas de un problema.

4. **Mantenición:** Debe velar por la disponibilidad electromecánica de todos los equipos (perforadoras, palas, camiones, equipos auxiliares). Principalmente para que no haya atrasos en los tiempos que se han organizado para la extracción, y para que todo funcione adecuadamente y no surjan problemas.

5. **Administración:** Proporciona el apoyo en manejo de recursos humanos, adquisiciones, contratos, etc. También se asegura que participen estamentos asesores en materias de seguridad, medio ambiente y calidad, para lograr el cumplimiento de las normas y orientaciones correspondientes a un trabajo seguro, limpio y de calidad.

Ahora se explicará como hacen los niveles de los túneles de la mina; los túneles y piques subterráneos se construyen mediante explosivos que se colocan en perforaciones efectuadas en la roca. Estas perforaciones están distribuidas siguiendo la forma que se le quiere dar a la labor subterránea (túneles, piques o rampas) y la tronadura se realiza en una secuencia, partiendo desde un punto central hacia los bordes.

Después de la tronadura, se extrae el material fragmentado y se estabilizan las paredes y techo del túnel. Para esto, se utiliza una fortificación adecuada para para cada tipo de terreno, que depende de sus características y del uso que se le va a dar al túnel, pique o rampa. Entre cada borde depende de sus características y del uso que se le va a dar al túnel, pique o rampa. Entre cada tronadura, el sector debe ser ventilado y despejado.

* En la foto muestra este tipo de confección de túneles, en este caso es la etapa de perforación.

Otro punto que hay que considerar es que como se sostiene este tipo de mina subterránea; para evitar los derrumbes, las diferentes labores subterráneas deben ser sostenidas en el tiempo para permitir el tránsito, el trabajo del personal y el uso de los equipos subterráneos con seguridad. En forma natural, las rocas están en un cierto equilibrio con el medio en que se encuentran, pero este

equilibrio se rompe al hacer una perforación en su interior. El objetivo de la fortificación es ayudar a la roca a recuperar en parte su capacidad de soporte. El tipo de soporte o fortificación empleada depende de varios factores:

a) *Según la Función que cumple:* Las fortificaciones en los túneles de uso frecuente y prolongado, especialmente aquellas de los lugares por donde deben transitar personas y equipos, deben contar con un factor de seguridad mayor. Las fortificaciones de túneles que presentan un uso esporádico o donde no transita personal, tienen exigencias menores.

b) *Según el peso que soportan:* La presión que se genera alrededor de una labor subterránea es mayor cuanto más profunda se ubique, ya que debe soportar una altura mayor de roca. De esta forma los túneles que se encuentran a mayores profundidades requerirán de mayores fortificaciones y de mayor resistencia.

c) *Según las Características del terreno:* El macizo rocoso presenta diferencias en su constitución (tipo de roca, alteración, estructuras). Por ello, su comportamiento puede ser diferente en cuanto a dureza y resistencia a los esfuerzos. Una roca que se disgrega fácilmente requiere ser fortalecida totalmente; por el contrario, una roca cohesionada de dureza media se autosustenta y requiere poca fortificación; en tanto que una roca cohesionada de alta dureza puede concentrar esfuerzos tan grandes que podrían provocar la explosión de las paredes del túnel, por lo que requiere una fortificación extrema.

* Los túneles son reforzados con mallas de acero, pernos de anclaje y cables de hormigón armado.

Ya hablamos del proceso de extracción de este mineral; a continuación, viene el proceso de fundición del cobre, donde pasa de mineral a cobre puro.

Fundición del Cobre

El concentrado de cobre seco con una concentración del 31 % de cobre, se somete a procesos de pirometalurgia (rama de metalurgia en que la obtención y refinación de los metales se procede utilizando calor, como en el caso de la fundición. Prácticamente todos los metales como el hierro, níquel, estaño y la mayor parte del cobre, oro y plata son obtenidos desde el mineral o su concentrado por métodos pirometalúrgicos. Es el más importante y más antiguo de los métodos extractivos de metales, utilizado por el hombre) en hornos a grandes temperaturas, mediante los cuales el cobre del concentrado es transformado en cobre metálico y se separa de los otros minerales como fierro (Fe), azufre (S), sílice (Si) y otros.

El proceso de fundición del cobre, se explica mediante cuatro fases:

1) *Recepción y Muestreo:* en esta primera fase el objetivo que tiene es que como normalmente se trabaja con concentrados de diferentes procedencias, es necesario hacer un muestreo de ellos y clasificarlos de acuerdo con la concentración de cobre, hierro, azufre, sílice y porcentaje de humedad que tengan. Y el proceso consiste en que el concentrado proveniente de la planta se almacena en canchas, desde donde se obtienen muestras que son sometidas a análisis de laboratorio para determinar los contenidos de cobre, hierro, azufre, sílice y la humedad, información que es fundamental para iniciar el proceso de fusión. El contenido máximo de humedad es de 8%, ya que con valores superiores, el concentrado se comporta como barro difícil de manipular y exige más energía para la fusión.

De acuerdo con los resultados de los contenidos de cobre, el material se clasifica y almacena en silos, desde donde se despacha a los hornos de fundición de acuerdo a las mezclas que se determinen.



* En la foto se muestra cuando seleccionan una parte del cobre para ser evaluada a posterior en laboratorios.

2) *Proceso de Fusión:* En esta segunda parte el objetivo que tiene es lograr el cambio de estado que permite que el concentrado pase de estado sólido a estado líquido para que el cobre se separe de los otros elementos que componen el concentrado. Y como ocurre esto, en la fusión el concentrado de cobre es sometido a altas temperaturas (1.200 °C) para lograr el cambio de estado de sólido a líquido. Al pasar al estado líquido, los elementos que componen los minerales presentes en el concentrado se separan según su peso, quedando los más livianos en la parte superior del fundido, mientras que el cobre, que es más pesado se concentra en la parte baja. De esta forma es posible separar ambas partes vaciándolas por vías distintas.

Tradicionalmente la fusión puede realizarse de dos maneras, utilizando dos tipos de hornos: el horno de reverbero para la fusión tradicional y el convertidor modificado Teniente (CMT) que realiza en una sola operación la fusión y la conversión. En las divisiones de Codelco no se utiliza el horno de reverbero, sino que solo se realiza el proceso de fusión–conversión, utilizando el convertidor modificado Teniente.

* En la respectiva foto, muestra cuando el concentrado sufre el proceso de fusión, separándose los componentes.

Explicaremos sobre este convertidor; el convertidor Teniente, desarrollado y patentado por la División El Teniente de Codelco, es un horno amplio, formado por un cilindro metálico de 5 m de diámetro por 22 m de largo, dispuesto en posición horizontal y revestido por ladrillos refractarios en su interior. Este horno está montado sobre un sistema de cremalleras que le permiten oscilar. El modo de funcionamiento consiste en que es cargado en forma continua con concentrado de cobre y sílice (cuarzo) por una abertura ubicada en su parte superior. La sílice tiene por objeto captar el hierro contenido en los minerales sulfurados fundidos y concentrarlo en la parte más liviana de la mezcla fundida.

El convertidor Teniente tiene un sistema de cañerías en el interior, las cuales insuflan aire enriquecido con oxígeno, el cual permite la oxidación del hierro y del azufre presentes en los minerales que constituyen el concentrado. El hierro forma magnetita, que se concentra en la escoria, y el azufre forma gases (monóxidos y dióxidos) los cuales son evacuados a través de gigantescas chimeneas, junto a otros gases, donde son captados en gran parte para producir ácido sulfúrico (H₂SO₄).

Las reacciones que se producen producto de la oxidación de los distintos elementos, y entre ellos, libera energía la que es aprovechada para ayudar a la fusión.

En el convertidor Teniente los elementos se concentran en fases, de acuerdo a su peso:

a) **Metal blanco** : corresponde a la parte más pesada del material fundido y que se encuentra en la parte baja del convertidor. Contiene un 70% a 75% de cobre.

b) **Escoria** : es la parte más liviana del fundido, la cual se envía de vuelta al horno de reverbero o a hornos destinados a limpieza de escoria para recuperar el contenido de cobre que aún le queda.



* En esta foto se aprecia el convertidor modificado Teniente.

3) *Conversión:* En esta etapa el objetivo principalmente es que Mediante el proceso de conversión se tratan los productos obtenidos en la fusión, para obtener cobre de alta pureza. Para esto se utilizan hornos convertidores convencionales llamados Peirce–Smith, en honor a sus creadores. El convertidor Peirce–Smith consiste en un reactor cilíndrico de 4,5 m de diámetro por 11 m de largo, aproximadamente, donde se procesan separadamente el eje proveniente del horno de reverbero y el metal blanco proveniente del convertidor Teniente.

Este es un proceso cerrado, es decir, una misma carga es tratada y llevada hasta el final, sin recarga de material. Finalmente se obtiene cobre blister (cobre producido a partir de la fusión de la mata o eje en los hornos convertidores con una pureza de 99,5%). Este cobre es llevado a los hornos de refinación y de moldeo desde donde se obtiene el cobre anódico que va a la electrorrefinación. Su nombre proviene del aspecto que tienen los productos moldeados en su superficie (blister = ampolla)). Con una pureza de 96% de cobre.

4) *Pirorrefinación:* En esta última fase, el objetivo es que mediante la pirorrefinación o refinación a fuego se incrementa la pureza del cobre blister obtenido de la conversión. Consiste en eliminar el porcentaje de oxígeno presente en este tipo de cobre, llegando a concentraciones de 99,7 % de cobre. Y la realización de esto se basa principalmente en que este es un proceso especial que se aplica en algunas fundiciones, como en la fundición de Caletones, donde el cobre blister es sometido a un proceso final de refinación en un horno basculante, mediante la introducción de troncos de eucalipto. En este caso, la ignición (acción o efecto de estar un cuerpo encendido por efecto del calor) de la madera permite captar el oxígeno que contiene el cobre blister como impureza y lo transforma en anhídrido carbónico (CO₂), que es liberado a la atmósfera. De esta manera, la pureza del cobre se incrementa a 99,7% y el producto se denomina cobre RAF (refinado a fuego).

Y el producto final es que El cobre RAF es moldeado en placas gruesas, de forma de ánodos, de un peso aproximado de 225 kg, el cual es enviado al proceso de electrorrefinación (para lograr una pureza máxima del cobre) o vendido directamente en diversas formas.

* En la foto muestra el cobre obtenido por la pirorrefinación, moldeado por diferentes cámaras o ánodos.

Al terminar estas fases, el producto obtenido es formado a través de diversas formas según su posterior utilización; como por ejemplo en barras de cobre, en cables de cobre, en planchas y en diversos objetos para su producción y venta; a cargo de esto hay empresas especializadas en el rubro con la supervisión de Codelco.

Los Usos y características que se le puede dar al cobre son muy amplios y diversos entre ellos se destacan:

1. Es un muy buen conductor eléctrico.
2. Es un muy buen conductor térmico.
3. Tiene excelentes cualidades para el proceso de maquinado.
4. Tiene una alta capacidad de aleación metálica.
5. Tiene una buena capacidad de deformarse en caliente y en frío.
6. Mantiene sus propiedades en el reciclo.
7. Permite recuperar metales de sus aleaciones.
8. Es un elemento básico para la vida humana.
9. Evita la proliferación de ciertas bacterias.
10. Puede usarse en artículos de decoración y piezas de arte.

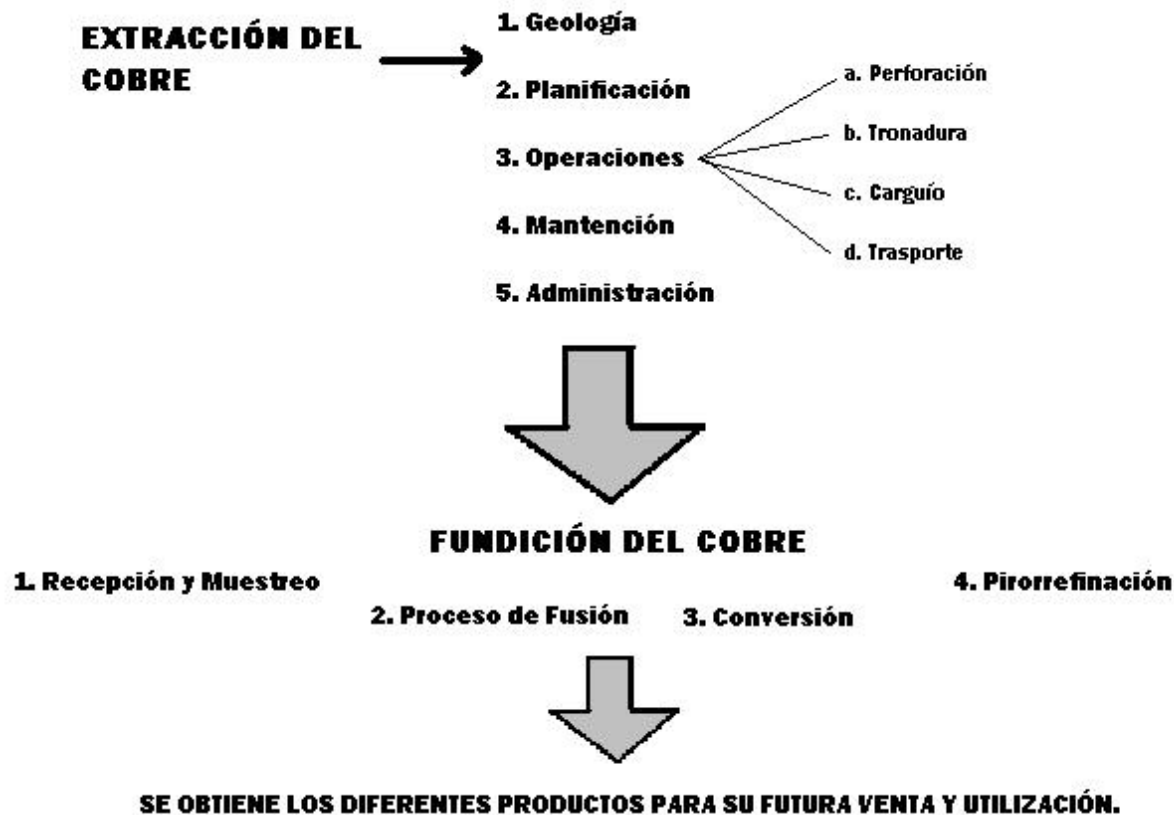
Y el principal uso que se le da actualmente al cobre, es que como es uno de los metales conductores de electricidad con el menor índice de resistencia, más del 50% del cobre se utiliza en el sector eléctrico. Es muy usado en la fabricación de cables, enchufes y terminales, así como en los componentes de casi todo los artículos alimentados por electricidad.

El resto se destina a la construcción, a la arquitectura y al arte.

Permanentemente, se trabaja en la identificación de nuevas aplicaciones del cobre en diferentes sectores. Un ejemplo está en las tecnologías de información donde los chips de cobre han demostrado favorecer una más rápida transmisión de datos en la Web. También hay inventores que han creado pequeños resortes de cobre que se introducen en la nariz durante 20 minutos, tres o cuatro veces al día, para evitar el resfrío común.

Finalmente para entender estas etapas del proceso que ocurre en el cobre, se hará un esquema explicativo de las diferentes etapas de este.

ESQUEMA DEL PROCESO DEL COBRE



CONCLUSIÓN

Para concluir, debemos señalar que; a pesar de todos los tratados de libre comercio que puedan existir, lo que nos representa como país es el área de la artesanía, ya sea en sus diferentes manifestaciones; por lo tanto debemos conservar nuestras tradiciones y costumbres a pesar que somos constantemente asediados por el comercio externo. Para lograr este objetivo, se necesita que en los establecimientos educacionales se impartan asignaturas o talleres que desarrollen nuestra cultura, dándoles apoyo, motivación e incentivos para que este objetivo sea efectivo y no se termine; en especial en los sectores rurales en que todavía se conservan las costumbres de los antepasados de la artesanía, pero a medida que transcurre el tiempo, esto se va perdiendo.

Por otra parte hay que proteger a las pequeñas y medianas empresas que se dedican a este rubro, porque no pueden desaparecer por la globalización, porque al fin de cuentas son ellos que promueven nuestra cultura artesanal a través del país, y en especial en las regiones que se desarrolla las materias primas para el desarrollo de estos, en este caso del cobre.

Para finalizar, sea positivo que el tema de la globalización sea mas humanizada, en el sentido que tome conciencia en que hay conservar las costumbres de cada pueblo, proporcionándoles protección y seguridad para que continúen por el camino de otorgarnos y conservar nuestras costumbres artesanales.

BIBLIOGRAFÍA

1. Enciclopedia de Chile (Minería, Industria, Servicios y Regiones), Océano.
2. Publicación y Distribución 1990, Guía Metodología para la capacitación de información sobre la Artesanía, (CIDI).
3. Bajoit, Buy Análisis sociológico del cambio social y cultural de las sociedades contemporáneas, ediciones lom 2003.

4. Díaz, Patricia Guía Metodológica de crear arte de talleres artísticos

5. www.google.cl