



## **CUADERNO DE PARTICIPANTE**

**MÓDULO:** INTRODUCCIÓN A LA CADENA DE VALOR DE LA MINERÍA Y  
SUS PROCESOS

**PROGRAMA:** OPERADOR MINA SUBTERRÁNEA

Una iniciativa de:



Con la asesoría experta de:

Innovum | FCH  
FUNDACIÓN CHILE

## Contenido

### MÓDULO: INTRODUCCIÓN A LA CADENA DE VALOR DE LA MINERÍA Y SUS PROCESOS .2

<b>1. Creacion del valor al trabajo.....</b>	<b>2</b>
<b>Actividad:</b> Definición de las actividades y componentes de la cadena de valor típica en una empresa minera (según Porter), definiendo además los lazos que unen las diferentes actividades que forman la cadena de valor entre la organización y los demás actores.....	
	5
<b>2. Desarrollo sustentable del negocio minero. ....</b>	<b>8</b>
<b>Actividad:</b> Definición del desarrollo sustentable y definir las dimensiones del desarrollo sustentable. ....	
	10
<b>3. Planificación del negocio minero. ....</b>	<b>12</b>
<b>Actividad:</b> Definición de las diferentes etapas que se aplican en un modelo de planificación del negocio minero. ....	
	17
<b>4. Descripción del proceso mina .....</b>	<b>20</b>
<b>Actividad:</b> Definición de las distintas etapas o secuencias del proceso mina. ....	
	24
<b>5. Descripción del proceso de concentración de minerales. ....</b>	<b>26</b>
<b>Actividad:</b> Definición de las etapas u operaciones unitarias del proceso de concentración de minerales de cobre. ....	
	31
<b>6. Descripción del proceso hidrometalúrgico. ....</b>	<b>33</b>
<b>Actividad:</b> Definición de las etapas u operaciones unitarias del proceso hidrometalúrgico de minerales óxidos de cobre. ....	
	42
<b>7. Descripción del proceso pirometalúrgico. ....</b>	<b>44</b>
<b>Actividad:</b> Definición de las etapas u operaciones unitarias del proceso pirometalúrgico de concentrado de cobre.....	
	48
<b>Actividad:</b> Definición de secado de materiales sólidos (concentrado de cobre), en tambores secadores rotatorios.....	
	51
<b>Actividad:</b> Definición de las etapas del proceso de fabricación del ácido sulfúrico. ....	
	55
<b>8. Procesos productivos en una planta de procesamiento de mineral de cobre. ....</b>	<b>58</b>
<b>Actividad:</b> Definición de los factores que siempre están presentes en todo proceso productivo de un negocio minero. ....	
	61
<b>9. Negocio minero como organización económica. ....</b>	<b>64</b>
<b>Actividad:</b> Definición de los ciclos del negocio minero y sus costos asociados.....	
	67

## MÓDULO: INTRODUCCIÓN A LA CADENA DE VALOR DE LA MINERÍA Y SUS PROCESOS

### 1. Creación del valor al trabajo.

**Aprendizaje esperado:** Identificar los conceptos de los elementos básicos de la cadena de valor del negocio de la minería del cobre, según estándares de la organización.

#### Conceptos Claves

##### VALOR

Es la cantidad que los clientes están dispuestos a pagar por lo que una empresa les proporciona. El valor se mide según el ingreso total.

##### CADENA DE VALOR

Es la herramienta básica sistemática para examinar todas las actividades que se realizan en un proceso minero y la forma de interactuar entre sí las diferentes operaciones unitarias, diferentes por sus costos, lo que permite mejorar las ventajas competitivas entre ellas

##### MODELO DE VALOR

Es la combinación de cosas y experiencias que crean en el cliente una percepción del valor total recibido por la empresa.

#### Resumen de contenidos:

##### Valor

En términos competitivos, el valor es la cantidad que los clientes están dispuestos a pagar por lo que una empresa les proporciona.

El valor se mide según el ingreso total, es un reflejo del producto en cuanto al precio y de las unidades que se pueden vender de este. Una empresa es lucrativa si el valor que impone excede a los costos implicados en crear el producto.

El valor es la percepción que tiene el cliente de lo recibido, que hace que le produzca o no satisfacción, es evidente que no todo lo que agrega costo agrega valor. En consecuencia, ningún cliente aceptará a conciencia, pagar por nuestra ineficiencia. Detectar lo que tiene valor para el cliente, se convierte en una búsqueda de oportunidades competitivas para el desarrollo de la empresa.

## La cadena de valor

La cadena de valor es la herramienta básica sistemática para examinar todas las actividades que se realizan en un proceso minero y la forma de interactuar entre sí las diferentes operaciones unitarias, diferentes por sus costos, lo que permite mejorar las ventajas competitivas entre ellas, lo que no se podría entender si se examina el proceso minero en conjunto.

El valor del negocio es una cadena que muestra el valor total, pues considera a las principales actividades de una empresa como los eslabones de una cadena de actividades (las cuales forman un proceso básicamente compuesto por el diseño, producción, promoción, venta y distribución del producto), las cuales van añadiendo valor al producto a medida que éste pasa por cada una de éstas.

Las actividades de valor son las actividades físicas y tecnológicas que se desempeñan en una empresa. Estos son los cimientos por medio de los cuales una empresa crea un producto valioso para sus clientes.

Michael Porter introduce el concepto de cadena de valor en 1933, definiendo la cadena de valor en 9 categorías genéricas, y establece que el ingreso de una empresa minera típica es aquel que resulta de “su cadena de valor”. La cadena de valor de Porter estaría definida de la siguiente manera (figura 1):

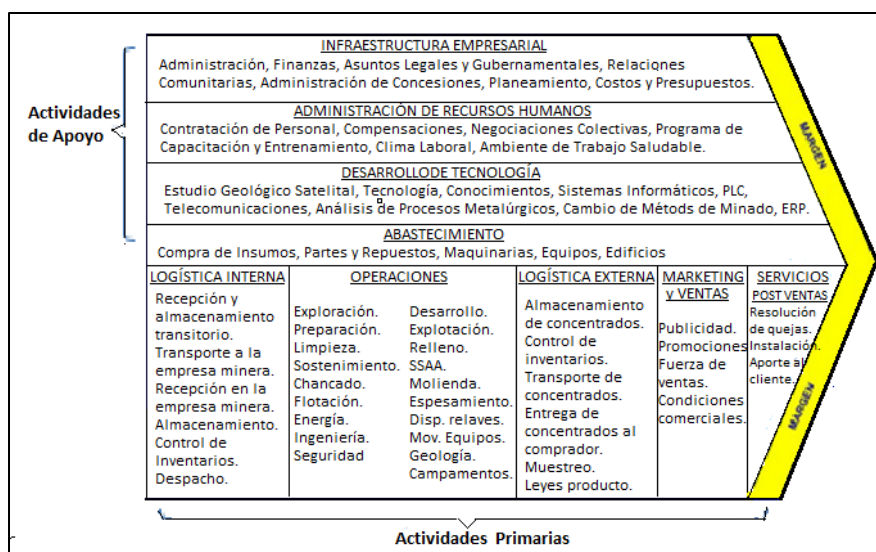


Figura 1. Esquema de los componentes de la cadena del valor del negocio minero

Margen en la cadena de valor del negocio, es el incremento intangible de valor experimentado al percibir atributos nuevos en el producto, en la organización, por último, en las personas que nos atienden.

El Margen de una empresa minera está limitado por el valor de sus productos minerales, que son función de los precios internacionales de los metales, y por los costos de sus actividades primarias y actividades de apoyo.

Las actividades de la cadena en las que se debe de enfocar con prioridad la empresa minera hoy son:

Desarrollo de tecnología

Operaciones, y

Logística externa.

También se puede lograr crear valor revisando el detalle de las Ventas, Infraestructura Empresarial y la Administración de Recursos Humanos.

Margen es lo que experimentaría nuestro cliente del camión cuando vea que nuestra “manera de vender” es distinta a la competencia. Margen es el agradecimiento a la Coca-Cola por haber puesto a su disposición su bebida preferida, sin azúcar, y que usted creía perdida para siempre por su condición de diabético. A eso se refiere el Margen en la cadena de valor.

Cada actividad de valor emplea insumos, recursos humanos (mano de obra y administración), y algún tipo de *tecnología* para desempeñar su función. Cada actividad de valor también crea y usa la información, como los datos del cliente (orden de entrada), parámetros de desempeño (pruebas), y estadísticas de fallas del producto.

Las actividades de valor también pueden crear activos financieros como inventario y cuentas por cobrar, o compromisos como cuentas por pagar.

## ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE



**Actividad:** Definición de las actividades y componentes de la cadena de valor típica en una empresa minera (según Porter), definiendo además los lazos que unen las diferentes actividades que forman la cadena de valor entre la organización y los demás actores.

- **Estrategia Metodológica**

Las estrategias son los procedimientos y recursos utilizados para promover el aprendizaje esperado a través de las actividades.

- **Estrategia de Implementación de Actividades de Aprendizajes:**

Estrategia de implementación:	Aplica
Recursos Plataforma Web	
Explicación Demostrativa en Aula	✓
Recurso Audiovisual	✓
Propuestas de Situaciones Típicas en Actividades	✓
Formulación de Preguntas	✓
Trabajo en Sala de Clases	✓
Otros (especificar)	

### 1. Objetivo

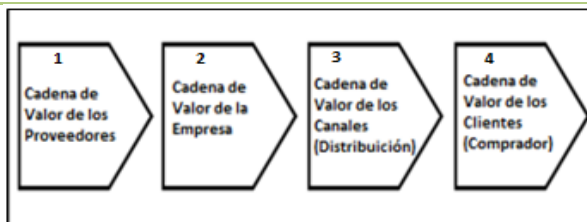
- Identificar los conceptos de los elementos básicos de la cadena de valor del negocio, relacionando los elementos de valor del negocio en la minería.
- Definir los lazos que unen las diferentes que unen las diferentes actividades que forman la cadena de valor.

### 2. Materiales y recursos

- Cuaderno del participante
- PC y proyector
- Acceso a Internet
- Papelógrafo y plumones
- Actividad impresa

### 3. Descripción de la Actividad:

Etapa	Especificaciones																				
Inicio	<p>Los participantes recibirán instrucciones claras sobre cómo proceder en la actividad, respondiendo y aclarando cualquier duda sobre la actividad a desarrollar con el instructor.</p>																				
Desarrollo de la actividad	<p>El participante deberá identificar cuáles son Actividades Primarias y cuáles son Actividades de Apoyo</p> <div data-bbox="581 552 1128 877"> </div> <p>El participante deberá definir las actividades primarias y de apoyo en la siguiente tabla:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="581 951 824 1066">Nombre de la Actividad de la Cadena de Valor</th><th data-bbox="824 951 1291 1066">Definición de la Actividad</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td></td></tr> </tbody> </table> <p>El alumno deberá definir los sistemas de valor de la cadena de valor del negocio en la tabla siguiente:</p> <p>:</p>	Nombre de la Actividad de la Cadena de Valor	Definición de la Actividad	1		2		3		4		5		6		7		8		9	
Nombre de la Actividad de la Cadena de Valor	Definición de la Actividad																				
1																					
2																					
3																					
4																					
5																					
6																					
7																					
8																					
9																					



El participante deberá definir los sistemas de valor de la cadena de valor del negocio en la siguiente tabla:

Nombre de la cadena de valor del sistema de valor.	Definición de cada sistema de valor
<b>1</b>	
<b>2</b>	
<b>3</b>	
<b>4</b>	

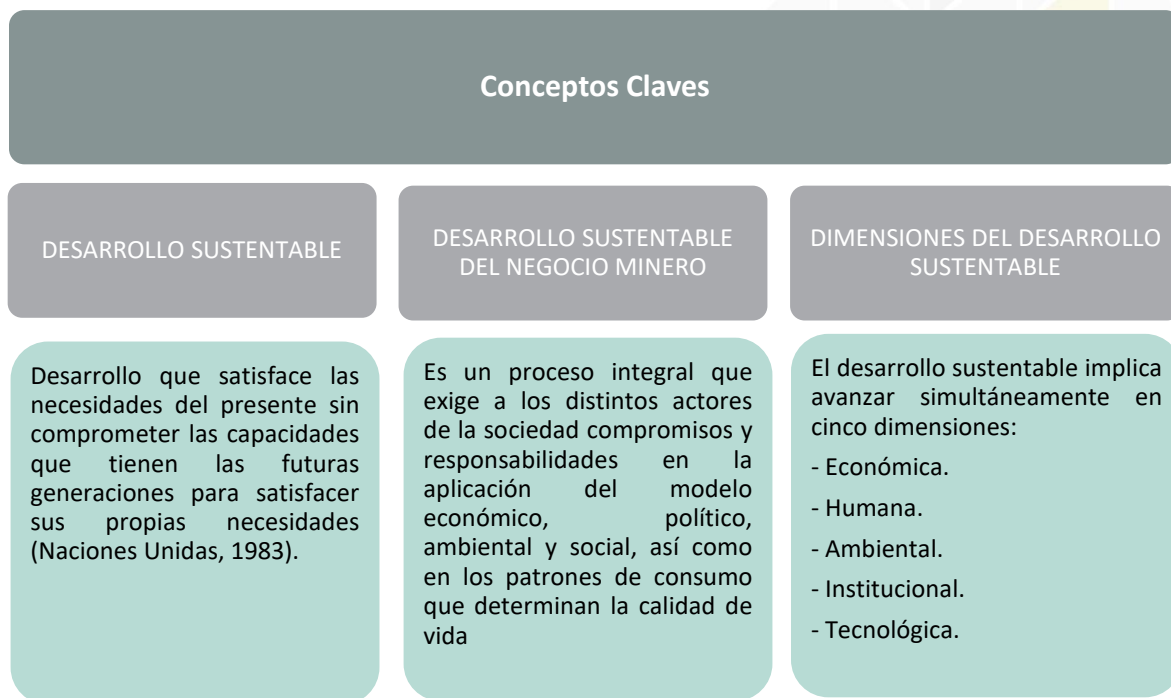
Duración de la actividad 60 minutos.

#### 4. Cierre de la Actividad

El instructor refuerza los conceptos y habilidades aprendidas, y comenta los resultados de las actividades desarrolladas, explicando la importancia de entender las actividades que se enlazan formando cadenas de valor del negocio y donde se enlazan los valores de la empresa con los valores de las actividades genéricas propuestas por Porter.

## 2. Desarrollo sustentable del negocio minero.

**Aprendizaje esperado:** Identificar conceptos y metas del desarrollo sustentable en la minería del cobre, según estándares.



### Resumen de contenidos:

El desarrollo sustentable es un proceso integral que exige a los distintos actores de la sociedad compromisos y responsabilidades en la aplicación del modelo económico, político, ambiental y social, así como en los patrones de consumo que determinan la calidad de vida. Para competir en mercados nacionales y extranjeros el sector productivo debe incorporar la sustentabilidad en sus operaciones, relaciones con los trabajadores y la comunidad.

### Conceptos y metas del desarrollo sustentable

La Comisión Mundial para el Medio Ambiente y el Desarrollo, establecida por las Naciones Unidas en 1983, definieron el desarrollo sustentable como el *"desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer las capacidades que tienen las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades"*. En Chile se utiliza la palabra "sustentable" como un anglicismo de la palabra "sustainable", referida a algo capaz de sostenerse indefinidamente en el tiempo sin agotar

nada de los recursos materiales o energéticos que necesita para funcionar. Por esta razón, también muchos autores y publicaciones extranjeras hablan de "sostenible".

El desarrollo sustentable implica pasar de un desarrollo pensado en términos cuantitativos, basado en el crecimiento económico, a uno de tipo cualitativo, donde se establecen estrechas vinculaciones entre aspectos económicos, sociales y ambientales, en un renovado marco institucional democrático y participativo, capaz de aprovechar las oportunidades que supone avanzar simultáneamente en estos tres ámbitos, sin que el avance de uno signifique ir en desmedro de otro. Es lo que algunos académicos y autoridades han comenzado a llamar el "*círculo virtuoso del desarrollo sustentable*", basándose en casos donde se han logrado superar los antagonismos entre crecimiento económico, equidad social y conservación ambiental, reforzándose mutuamente y con resultados satisfactorios para todas las partes involucradas (es decir, relación ganar - ganar).

### **Dimensiones del desarrollo sustentable**

El desarrollo sustentable implica avanzar simultáneamente en cinco dimensiones: económica, humana, ambiental, institucional y tecnológica. Las características de este proceso serán diferentes dependiendo de la situación específica en que se encuentre un determinado país, región o localidad.

- Dimensión económica
- Dimensión humana
- Dimensión ambiental
- Dimensión institucional
- Dimensión tecnológica

## ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE



**Actividad:** Definición del desarrollo sustentable y definir las dimensiones del desarrollo sustentable.

- **Estrategia Metodológica**

Las estrategias son los procedimientos y recursos utilizados para promover el aprendizaje esperado a través de las actividades.

- **Estrategia de Implementación de Actividades de Aprendizajes:**

Estrategia de implementación:	Aplica
Recursos Plataforma Web	
Explicación Demostrativa en Aula	✓
Recurso Audiovisual	✓
Propuestas de Situaciones Típicas en Actividades	✓
Formulación de Preguntas	✓
Trabajo en Sala de Clases	✓
Otros (especificar)	

### 1. Objetivo

- Identificar y comprender el desarrollo sustentable definido por la comisión mundial para el medio ambiente y el desarrollo, establecido por las Naciones Unidas en 1983.
- Identificar las dimensiones del desarrollo sustentable. Según definición de la ONU.

### 2. Materiales y recursos

- Cuaderno del participante
- PC y proyector
- Acceso a Internet
- Papelógrafo y plumones
- Actividad impresa



### 3. Descripción de la Actividad:

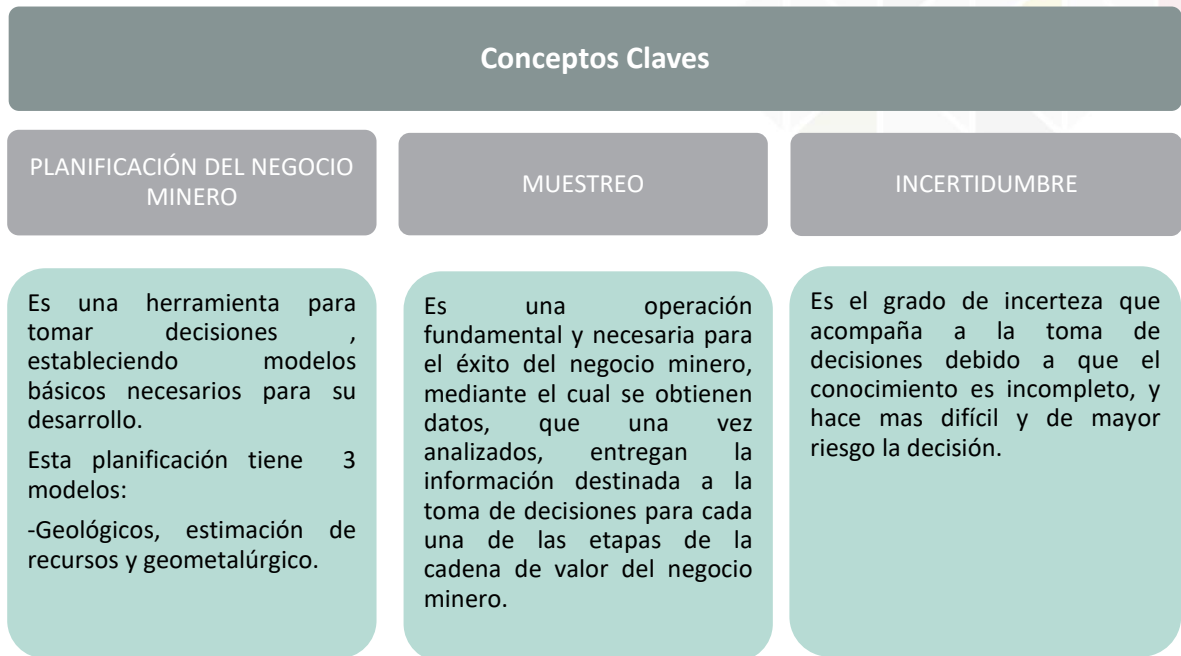
Etapa	Especificaciones														
Inicio	El instructor deberá guiar a los participantes, entregando instrucciones claras sobre cómo proceder en la actividad, respondiendo y aclarando cualquier duda sobre la actividad a desarrollar.														
Desarrollo de la actividad	<p data-bbox="573 447 1297 510">El alumno deberá definir Desarrollo Sustentable en la siguiente tabla:</p> <table border="1" data-bbox="573 510 1297 730"><tr><td data-bbox="581 520 849 720"><b>Definición de Desarrollo Sustentable</b></td><td data-bbox="849 520 1289 720"></td></tr></table> <p data-bbox="573 772 1297 835">El participante deberá definir las dimensiones del desarrollo sustentable en la siguiente tabla:</p> <table border="1" data-bbox="573 835 1297 1392"><thead><tr><th data-bbox="581 846 824 940"><b>Nombre de la dimensión</b></th><th data-bbox="824 846 1289 940"><b>Definición de la dimensión</b></th></tr></thead><tbody><tr><td data-bbox="581 940 824 1035"><b>1</b></td><td data-bbox="824 940 1289 1035"></td></tr><tr><td data-bbox="581 1035 824 1129"><b>2</b></td><td data-bbox="824 1035 1289 1129"></td></tr><tr><td data-bbox="581 1129 824 1224"><b>3</b></td><td data-bbox="824 1129 1289 1224"></td></tr><tr><td data-bbox="581 1224 824 1318"><b>4</b></td><td data-bbox="824 1224 1289 1318"></td></tr><tr><td data-bbox="581 1318 824 1392"><b>5</b></td><td data-bbox="824 1318 1289 1392"></td></tr></tbody></table>	<b>Definición de Desarrollo Sustentable</b>		<b>Nombre de la dimensión</b>	<b>Definición de la dimensión</b>	<b>1</b>		<b>2</b>		<b>3</b>		<b>4</b>		<b>5</b>	
<b>Definición de Desarrollo Sustentable</b>															
<b>Nombre de la dimensión</b>	<b>Definición de la dimensión</b>														
<b>1</b>															
<b>2</b>															
<b>3</b>															
<b>4</b>															
<b>5</b>															
Duración de la actividad	60 minutos.														

### 4. Cierre de la Actividad

El instructor refuerza los conceptos y habilidades aprendidas, y comenta los resultados de las actividades desarrolladas, explicando además la importancia de entender que las industrias para competir en mercados nacionales y extranjeros, el sector productivo debe incorporar la sustentabilidad de sus operaciones, mejorando las relaciones con los trabajadores y comunidad.

### 3. Planificación del negocio minero.

**Aprendizaje esperado:** Relacionar los elementos del valor del negocio en la minería del cobre, según estándares.



#### Resumen de contenidos:

La Planificación del Negocio Minero es una herramienta para tomar decisiones y es necesario establecer los modelos básicos necesarios para su desarrollo. Sin embargo, debido al grado de complejidad en la planificación del negocio minero, muchas decisiones se toman en escenarios de gran incertidumbre. La misión de los geólogos es determinar dónde está el depósito de mineral y cuáles son sus características. El trabajo de los ingenieros es cómo llegar al depósito y como extraer el mineral. Errores en las características del depósito o en su ubicación tiene impacto en el trabajo de los ingenieros. Los dos trabajos son diferentes pero complementarios y debe existir un flujo de información entre ellos para obtener el resultado deseado y evitar tensiones. Un modelo que normalmente se aplican en la Planificación del Negocio Minero es la que muestra la figura 4:

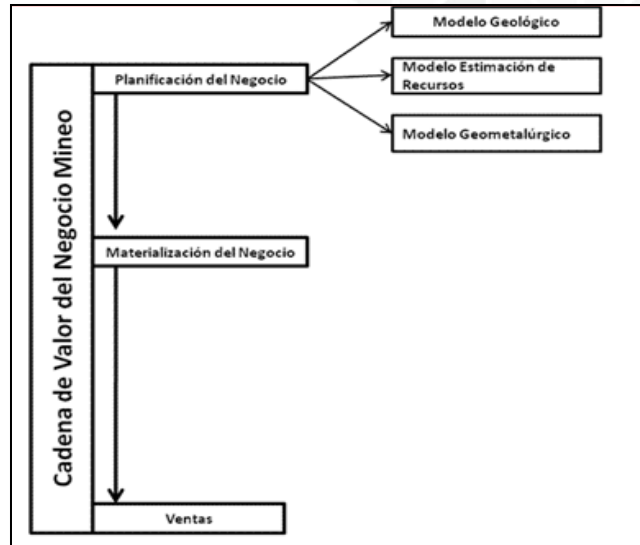


Figura 2. Planificación del negocio minero

El modelo Geológico sirve de punto de partida para la realización de la planificación minera y de los planos de producción. Sirve para determinar dónde y cómo realizar la extracción y se puede representar la distribución espacial de los minerales, accidentes tectónicos, geomorfológicas, etc.

El modelo Estimación de Recursos Mineros tiene por objeto obtener una estimación sin sesgo en volúmenes, leyes, tonelajes y cantidad de mineral o metal. La estimación de los recursos mineros es dependiente de la calidad de los datos, de la calidad del modelo geológico y está limitada por el número de muestras disponibles.

El modelo Geo metalúrgico es básico para el diseño de plantas metalúrgicas. Las empresas mineras requieren realizar pruebas metalúrgicas como complemento de la caracterización de los yacimientos realizada por los dos modelos anteriores, los cuales por si solos, no garantizan el éxito del negocio. Se requiere de un desarrollo con una adecuada planificación geo metalúrgica que minimice la incertidumbre y los riesgos.

Por medio de pruebas metalúrgicas se debe definir, entre otras, la mineralogía, fracturación, tamaño máximo de alimentación a la planta y rendimiento a la disolución con solventes, etc.

### **Materialización del negocio**

En la etapa de Materialización del Negocio se desarrolla la planificación de corto plazo y la explotación de la mina. El flujo de información entre geólogos e ingenieros es fundamental para el éxito del negocio y se da en cada una de las etapas de la planificación (figura 5).

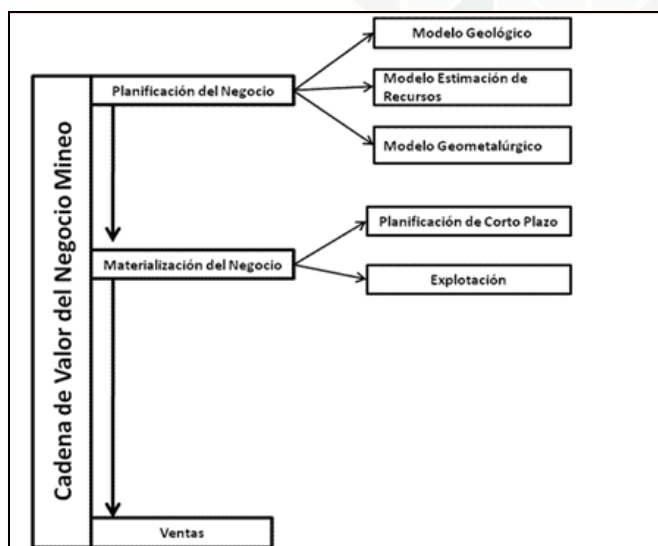


Figura 3. Materialización del negocio

La materialización del negocio continúa a través del Beneficio del mineral, (figura 6):

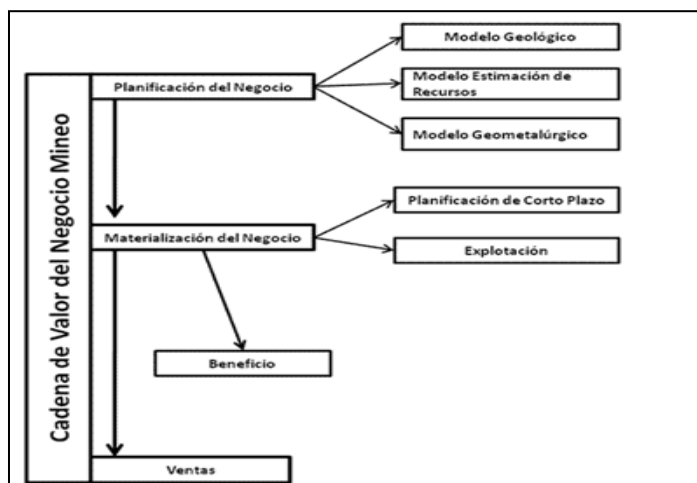


Figura 4. Beneficio del mineral

Cuando se pasa de la etapa de desarrollo de la operación minera a la etapa de producción del mineral aparece el problema de control de la calidad del mineral a extraer de la mina, la cual debe mantenerse con la menor variabilidad posible a través del tiempo y en todos los turnos operacionales. La variabilidad influye directamente en el beneficio del mineral. Para lograr la mayor recuperación posible del mineral de interés y la eliminación de elementos indeseables es necesario mantener una constancia en su calidad a través de las etapas de Concentración, Fundición y Refinación (figura 7).

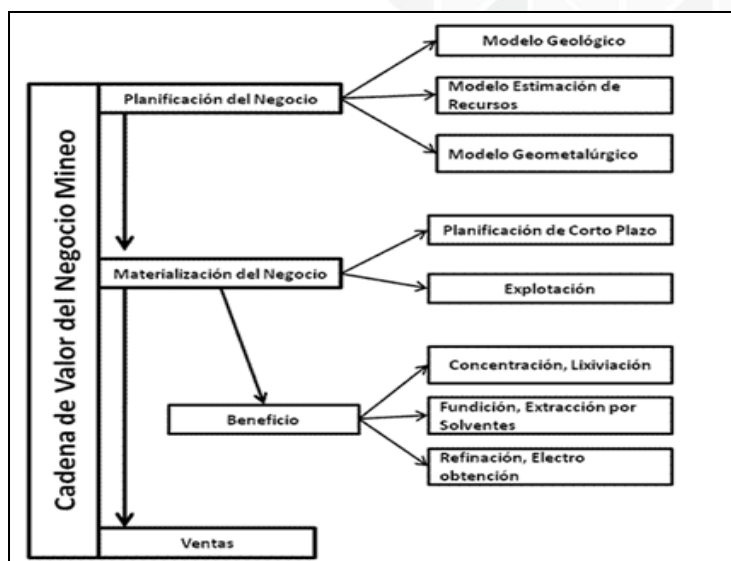


Figura 5. Etapas del beneficio de mineral

El control de la variabilidad de la calidad del mineral y el control de la variabilidad de los procesos es fundamental para lograr la mejor recuperación posible y lograr el éxito del negocio (figura 8).

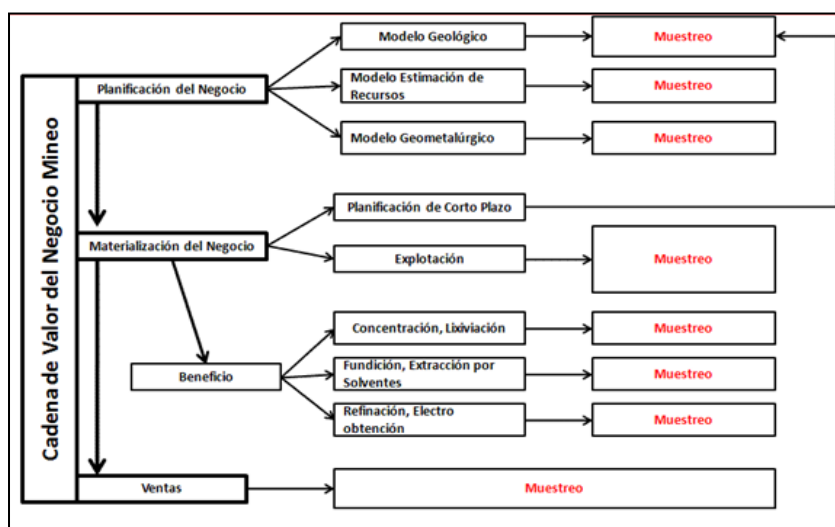


Figura 6. Éxito del negocio minero

El muestreo es una operación fundamental y necesaria para el éxito del negocio minero. A través del muestreo se obtienen los datos, que una vez analizados, entregan la información necesaria destinada a la toma de decisiones para cada una de las etapas de la cadena de Valor del Negocio minero. Debido a la magnitud de los recursos e inversión involucrada en la toma de decisiones, el muestreo es indispensable para disminuir la incertidumbre y facilitar las decisiones que aseguren un buen manejo de los recursos implicados.

## Ventas

En la figura 14 se aprecian los muestreos correspondientes a la venta de los productos finales.

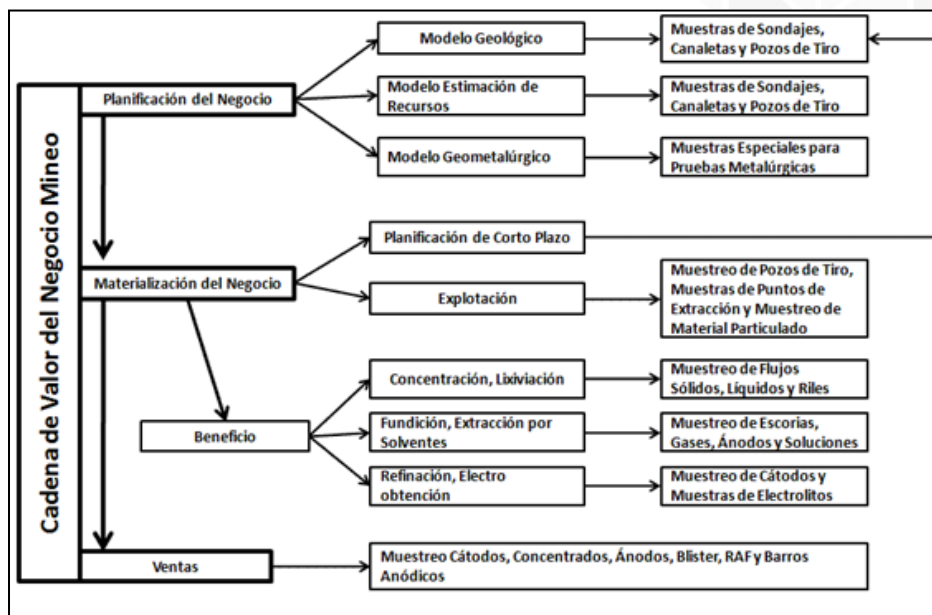


Figura 7. Venta de productos finales

Los cátodos de cobre, concentrados, ánodos de cobre, cobre blister, RAF y barros anódicos son productos finales. Sus muestreos entregan la información en relación a si cumplen o no con las bases establecidas en los contratos con los clientes. Si no cumplen con estas bases pasan a ser productos rechazados o se venden a menor precio. (Por ejemplo, los ánodos rechazados se pueden vender como blister, asumiendo la pérdida respectiva por la diferencia de precio de venta).

## ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE



**Actividad:** Definición de las diferentes etapas que se aplican en un modelo de planificación del negocio minero.

- **Estrategia Metodológica**

Las estrategias son los procedimientos y recursos utilizados para promover el aprendizaje esperado a través de las actividades.

- **Estrategia de Implementación de Actividades de Aprendizajes:**

Estrategia de implementación:	Aplica
Recursos Plataforma Web	
Explicación Demostrativa en Aula	✓
Recurso Audiovisual	✓
Propuestas de Situaciones Típicas en Actividades	✓
Formulación de Preguntas	✓
Trabajo en Sala de Clases	✓
Otros (especificar)	

### 1. Objetivo

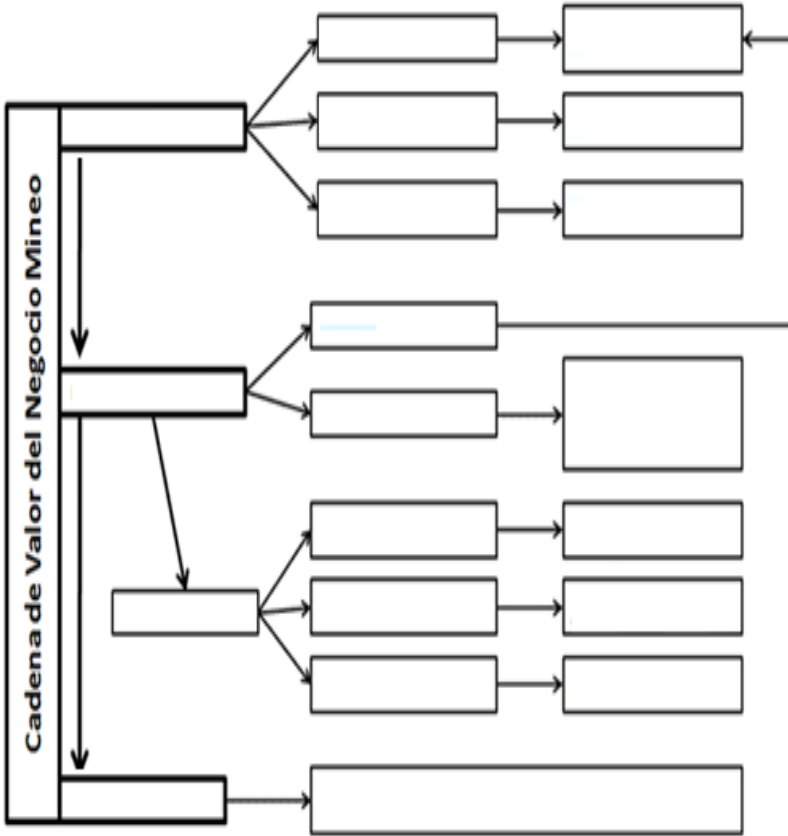
- Identificar conceptos de las etapas y sub etapas aplicados en un modelo de planificación del negocio minero, con las herramientas necesarias para completar la cadena de valor del negocio minero.

### 2. Materiales y recursos

- Cuaderno del participante
- PC y proyector
- Acceso a Internet
- Papelógrafo y plumones
- Actividad impresa



### 3. Descripción de la Actividad:

Etapa	Especificaciones						
Inicio	El instructor deberá guiar a los participantes, entregando instrucciones claras sobre cómo proceder en la actividad, respondiendo y aclarando cualquier duda sobre la actividad a desarrollar.						
Desarrollo de la actividad	<p data-bbox="574 447 1284 510">El alumno deberá completar el esquema de las etapas de la planificación del negocio minero.</p>  <p data-bbox="574 1392 1330 1423">El participante deberá definir lo requerido en la siguiente tabla:</p> <table border="1" data-bbox="574 1423 1369 1841"> <thead> <tr> <th data-bbox="574 1423 862 1497"></th><th data-bbox="862 1423 1369 1497">Definición</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="574 1497 862 1770">Defina que entiende por Planificación del Negocio Minero</td><td data-bbox="862 1497 1369 1770"></td></tr> <tr> <td data-bbox="574 1770 862 1841">Defina que entiende por etapa</td><td data-bbox="862 1770 1369 1841"></td></tr> </tbody> </table>		Definición	Defina que entiende por Planificación del Negocio Minero		Defina que entiende por etapa	
	Definición						
Defina que entiende por Planificación del Negocio Minero							
Defina que entiende por etapa							



	Materialización del Negocio	
	Explique porque es importante la calidad de las muestras obtenidas en cada etapa de la cadena de valor del negocio minero	
Duración de la actividad	90 minutos.	

#### 4. Cierre de la Actividad

El instructor refuerza los conceptos y habilidades aprendidas, y comenta los resultados de las actividades desarrolladas, explicando además la importancia del muestreo en las etapas y subetapas de la planificación del negocio minero de la cadena de valor, para la toma de decisiones correctas.

## 4. Descripción del proceso mina

**Aprendizaje esperado:** Identificar los procesos productivos de la minería del cobre.

### Conceptos Claves

#### PROCESO MINA

El proceso mina se desarrolla en 4 fases:

1. Perforación.
2. Tronadura.
3. Extracción y carguío.
4. Transporte.

#### OBJETIVO DEL PROCESO MINA

Es extraer la porción mineralizada con cobre y otros elementos desde el macizo rocoso de la mina y enviarla a la planta de beneficio de mineral, para ser sometido al proceso de obtención de cobre y otros elementos valiosos que lo acompañan.

#### CIERRE DE MINAS

Es definido como la conversión ordenada, segura y ambientalmente responsable de una mina operativa a un estado cerrado.

### Resumen de contenidos:

La extracción del material del proceso mina se realiza siguiendo una secuencia de las siguientes fases:



Figura8 Fases del proceso de la mina

### Fases del proceso mina

- Perforación
- Tronadura
- Extracción y Carguío
- Transporte

### Objetivos del proceso mina

El objetivo del proceso mina es extraer la porción mineralizada con cobre y otros elementos desde el macizo rocoso de la mina y enviarla a la planta de beneficio de mineral, para ser sometido al proceso de obtención del cobre y otros elementos valiosos que lo acompañan.

Para lograr este objetivo, la roca mineralizada se somete a un proceso de fragmentación de la roca, de manera que pueda ser removida desde la mina, extraer, cargar y transportar para ser procesada en la planta o ser depositada fuera de la mina como material rocoso estéril (sin valor económico).

### Etapas del proceso Minero

Las etapas de la minería del cobre son cuatro, y son las siguientes:



Figura9 Etapas de la minería del cobre

### **Exploración minera**

La búsqueda y definición de nuevos yacimientos son realizadas por un equipo de profesionales, encabezado por geólogos. Estas consideran las siguientes etapas:

- Exploración básica
- Exploración intermedia
- Exploración avanzada

### Desarrollo de proyectos mineros

Una vez ubicado el yacimiento, se hace una serie de estudios para determinar si éste puede ser explotado rentablemente y, si es así se construye una mina.

El desarrollo de un proyecto minero puede tomar entre 3 y 10 años, dependiendo de su ubicación, tamaño y complejidad.

Varios factores entran en consideración, tales como: necesidad y disponibilidad de accesos, energía, agua e infraestructura; los precios internacionales de los minerales; y las normas y procesos que determine el marco legal.

Las fases del desarrollo de un proyecto minero son:

- Planeamiento de mina (estudio de perfil).
- Estudio de pre factibilidad del proyecto.
- Estudios de factibilidad del proyecto (ingeniería básica).
- Implementación del proyecto (ingeniería de detalle, compras de equipos y materiales, construcción).

### Explotación minera

Las operaciones mineras pueden ser subterráneas cuando el mineral se encuentra a mucha profundidad, o a rajo abierto si el yacimiento se encuentra cerca de la superficie, es muy grande o está diseminado. Esto implica una serie de instalaciones que se muestran a continuación:

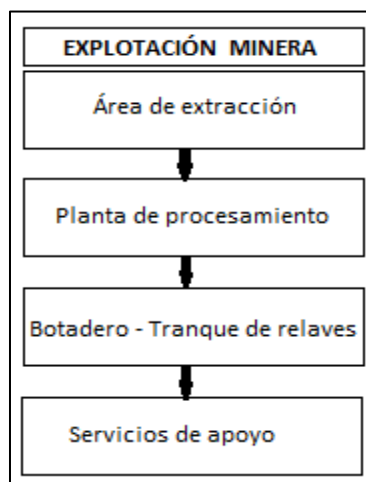


Figura10 Instalaciones de un proceso minero

Las áreas de extracción (socavón o rajo abierto) son los lugares de donde se extrae el material que contiene el mineral. Una vez que el mineral es extraído, pasa por varios procesos para separar la

roca que contiene el mineral con valor comercial de la roca sin valor que la rodea (roca estéril). El procesamiento del mineral se realiza en varias etapas (chancado, molienda, concentración, etc.), dependiendo del mineral que se esté minando.

En la etapa de explotación se extrae la porción mineralizada desde el macizo rocoso de la mina y luego enviarla a la planta, en forma eficiente y segura, para ser sometida al proceso de obtención del cobre y otros elementos.

Para ello debe fragmentarse la roca, de manera que pueda ser removida de su posición original y luego cargarla y transportarla para su proceso o depósito fuera de la mina como material suelto a una granulometría manejable.

Los dos tipos de extracción del mineral son los siguientes:

- Extracción de mineral a rajo abierto
- Extracción de mineral en mina subterránea

### **Cierre de minas**

El cierre de minas es definido como la conversión ordenada, segura y ambientalmente responsable de una mina operativa a un estado cerrado.

Aunque ésta sea la última etapa del ciclo minero, su planeamiento debe empezar desde fases muy tempranas del desarrollo de la mina y se hace de manera progresiva durante toda la operación, hasta la última etapa del ciclo minero. Es una etapa muy importante y suele ser uno de los temas más discutidos entre las autoridades, empresas mineras y la ciudadanía.

Debido a la naturaleza de los yacimientos minerales, que son recursos naturales no renovables, todos tienen una vida finita. Mientras que algunos yacimientos son muy grandes y pueden generar 50 años de vida o más a una mina, otros sólo durarán algunos años, pero todos algún día cerrarán por distintas razones, las más comunes son:

- Agotamiento del recurso mineral.
- Bajo precio del metal o materia prima, lo que hace que no sea rentable operar la mina.
- Condiciones naturales adversas, como falta de agua y condiciones geográficas extremas.
- Alto costo de operación.

### **Plan de cierre**

Toda empresa minera deberá tener un plan de cierre de sus faenas o instalaciones mineras, el cual debe ser elaborado en conformidad con la Resolución de Calificación Ambiental del proyecto minero. Este plan debe contener las medidas y condiciones para lograr el cierre de las instalaciones y faenas de manera ordenada, eficiente y oportuna.

## ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE



**Actividad:** Definición de las distintas etapas o secuencias del proceso mina.

- **Estrategia Metodológica**

Las estrategias son los procedimientos y recursos utilizados para promover el aprendizaje esperado a través de las actividades.

- **Estrategia de Implementación de Actividades de Aprendizajes:**

Estrategia de implementación:	Aplica
Recursos Plataforma Web	
Explicación Demostrativa en Aula	✓
Recurso Audiovisual	✓
Propuestas de Situaciones Típicas en Actividades	✓
Formulación de Preguntas	✓
Trabajo en Sala de Clases	✓
Otros (especificar)	

### 1. Objetivo

- Identificar las etapas que sigue el proceso mina para alimentar la planta de beneficio de minerales de cobre y la secuencia de cada etapa, operación fundamental y necesaria para el éxito del negocio minero.

### 2. Materiales y recursos

- Cuaderno del participante
- PC y proyector
- Acceso a Internet
- Papelógrafo y plumones
- Actividad impresa

### 3. Descripción de la Actividad:

Etapas	Especificaciones										
Inicio	El instructor deberá guiar a los participantes, entregando instrucciones claras sobre cómo proceder en la actividad, respondiendo y aclarando cualquier duda sobre la actividad a desarrollar.										
Desarrollo de la actividad	<p data-bbox="581 478 1289 548">El participante deberá definir lo requerido en la siguiente tabla:</p> <table data-bbox="581 548 1289 1476"><thead><tr><th data-bbox="581 548 818 657">Nombre de la Etapa</th><th data-bbox="818 548 1289 657">Definición de la Etapa</th></tr></thead><tbody><tr><td data-bbox="581 657 818 863"></td><td data-bbox="818 657 1289 863"></td></tr><tr><td data-bbox="581 863 818 1068"></td><td data-bbox="818 863 1289 1068"></td></tr><tr><td data-bbox="581 1068 818 1274"></td><td data-bbox="818 1068 1289 1274"></td></tr><tr><td data-bbox="581 1274 818 1476"></td><td data-bbox="818 1274 1289 1476"></td></tr></tbody></table>	Nombre de la Etapa	Definición de la Etapa								
Nombre de la Etapa	Definición de la Etapa										
Duración de la actividad	60 minutos.										

### 4. Cierre de la Actividad

El instructor refuerza los conceptos y habilidades aprendidas, y comenta los resultados de las actividades desarrolladas, explicando además la importancia de la secuencia de estas etapas y su importancia para el modelo económico que debe seguir la empresa

## 5. Descripción del proceso de concentración de minerales.

**Aprendizaje esperado:** Identificar los procesos productivos de la minería del cobre.

### Conceptos Claves

#### DESCRIPCIÓN PROCESO CONCENTRACIÓN DE MINERALES

El objetivo del proceso de concentración de minerales de cobre es liberar y concentrar las partículas de cobre que se encuentran en la forma de sulfuros en las rocas mineralizadas, teniendo como producto concentrado de cobre.

#### OPERACIONES UNITARIAS DEL PROCESO DE CONCENTRACIÓN DE MINERALES DE COBRE

Las etapas del proceso de concentración de minerales de cobre son:

- Chancado.
- Molienda.
- Flotación.
- Espesamiento.
- Filtración.

#### OBJETIVO DE LA MOLIENDA

Es reducir de tamaño las partículas de mineral que componen el mineral, la que permite finalmente la liberación de la mayor parte de los minerales de cobre en forma de partículas individuales.

### Resumen de contenidos:

Las minas de cobre pueden ser de naturaleza sulfurada (sulfuros), o bien no-sulfuradas (óxidos). Estos dos tipos de minerales de cobre siguen, en general, dos vías diferentes de procesamiento. Los minerales de cobre con mena sulfurada siguen un proceso de concentración mediante flotación y como producto se obtiene un concentrado, entre 35 y 45 % de cobre, el cual es llevado a procesos pirometalúrgicos de fusión-conversión. Eventualmente, tanto el mineral sulfurado como el concentrado de cobre pueden ser procesados por métodos hidrometalúrgicos.

### Objetivos de la concentración de minerales

El objetivo del proceso de concentración es liberar y concentrar las partículas de cobre que se encuentra en forma de sulfuros en las rocas mineralizadas, de manera que pueda continuar a otras etapas del proceso productivo. Generalmente, este proceso se realiza en grandes instalaciones ubicadas en la superficie, formando lo que se conoce como planta concentradora, y que se ubican lo más cerca posible de la mina.

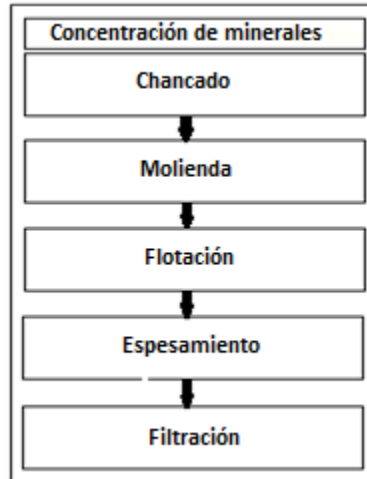


Figura11 Operaciones unitarias de la concentración de minerales

### Procesos unitarios del proceso de concentración de minerales

- **Chancado**

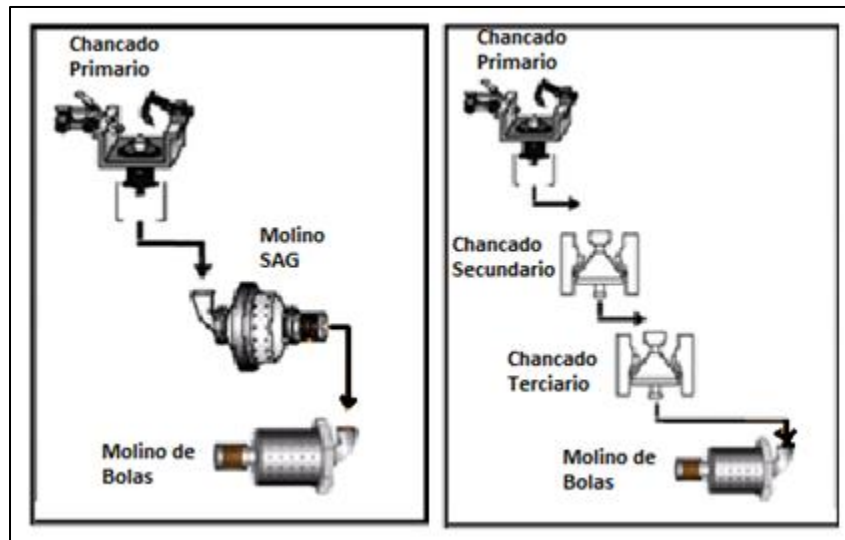


Figura12 Circuitos de conminución

- **Molienda**

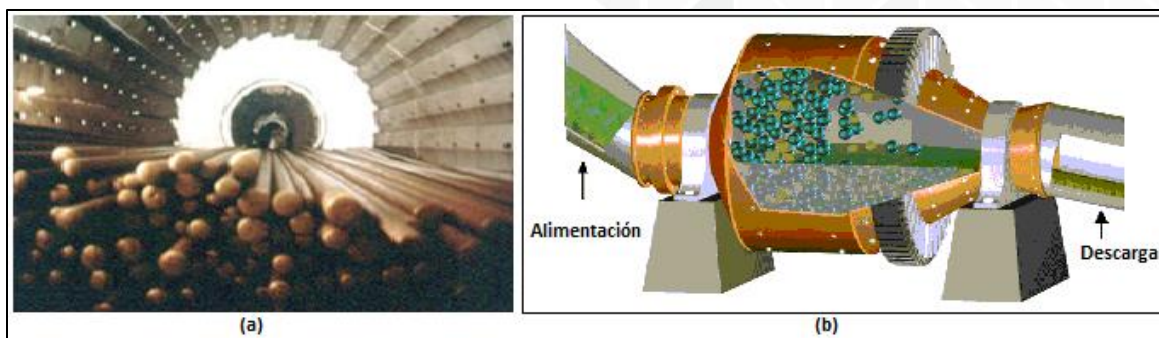


Figura 13 Molino de barras (a) y Molino de bolas (b)

Molinos semiautógenos (SAG)



Figura 14 Molino SAG

- Flotación

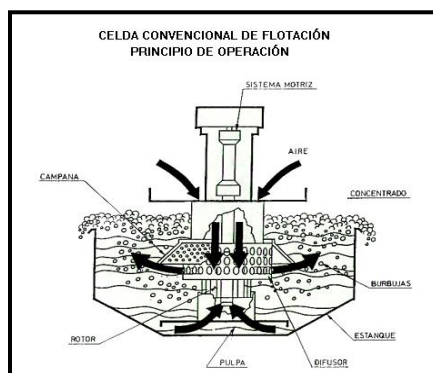


Figura 15 Celda de flotación convencional

## Circuitos de flotación

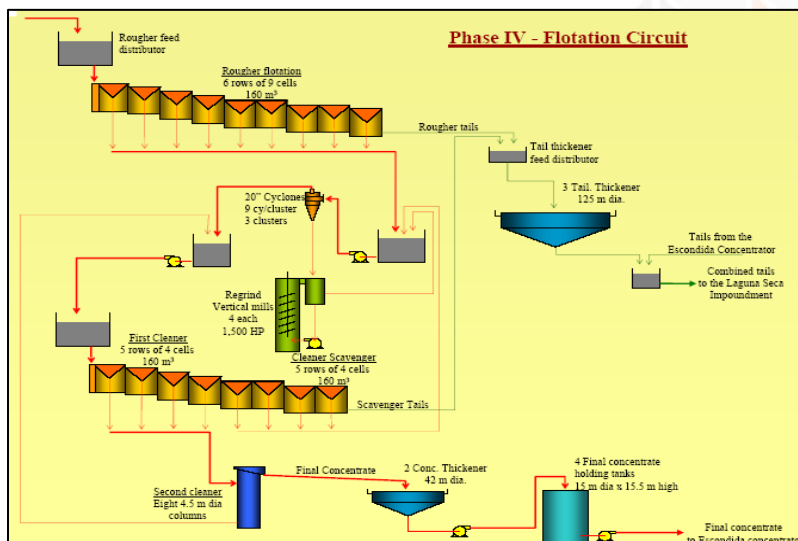


Figura 16 Circuito de flotación, minera Escondida

- **Espesamiento**



Figura 17 Espesador

- **Filtración**

Filtros de correa o banda.



Figura 18 Filtro de banda

## Filtros de presión

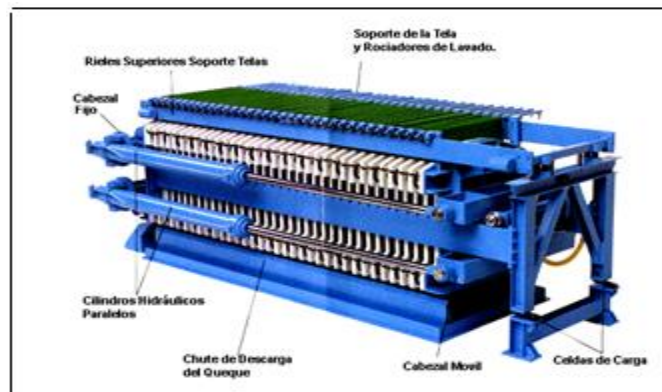


Figura 19 Filtro de presión

## ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE



**Actividad:** Definición de las etapas u operaciones unitarias del proceso de concentración de minerales de cobre.

- **Estrategia Metodológica**

Las estrategias son los procedimientos y recursos utilizados para promover el aprendizaje esperado a través de las actividades.

- **Estrategia de Implementación de Actividades de Aprendizajes:**

Estrategia de implementación:	Aplica
Recursos Plataforma Web	
Explicación Demostrativa en Aula	✓
Recurso Audiovisual	✓
Propuestas de Situaciones Típicas en Actividades	✓
Formulación de Preguntas	✓
Trabajo en Sala de Clases	✓
Otros (especificar)	

### 1. Objetivo

- Identificar las etapas y secuencia de las distintas operaciones unitarias del proceso de concentración de minerales sulfuros de cobre, operación fundamental para el éxito del negocio minero.

### 2. Materiales y recursos

- Cuaderno del participante
- PC y proyector
- Acceso a Internet
- Papelógrafo y plumones
- Actividad impresa



### 3. Descripción de la Actividad:

Etapas	Especificaciones	
Inicio	Los participantes recibirán del instructor instrucciones claras sobre cómo proceder en la actividad, respondiendo y aclarando cualquier duda sobre la actividad a desarrollar.	
Desarrollo de la actividad	El participante deberá definir secuencialmente las operaciones unitarias de la concentración de minerales en la siguiente tabla:	
	Nombre de la operación unitaria de la concentración de minerales de cobre	Definición de la operación unitaria
	1	
	2	
	3	
	4	
	5	
Duración de la actividad	60 minutos.	

### 4. Cierre de la Actividad

El instructor refuerza los conceptos y habilidades aprendidas, y comenta los resultados de las actividades desarrolladas, explicando además la importancia de cada una de estas operaciones unitarias, dando satisfacción al cliente interno y externo, de acuerdo a la cadena de valor del negocio minero.

El participante deberá comprender que las empresas mineras para cumplir con las exigencias del cliente interno y externo, debe maximizar el conocimiento de estas operaciones unitarias y la secuencia de estas para que cada una de ellas sea eficiente.

## 6. Descripción del proceso hidrometalúrgico.

**Aprendizaje esperado:** Identificar los procesos productivos de la minería del cobre.

### Conceptos Claves

#### HIDROMETALURGIA

La hidrometalurgia es una rama de la metalurgia extractiva y comprende todos los procesos y operaciones unitarias orientados a la obtención de metales y compuestos metálicos y no metálicos, en sistemas acuosos.

#### CHANCADO

Es la operación unitaria de reducción de tamaño (conminución) consistente en la producción de partículas de menor tamaño a partir de trozos mayores, para ello es necesario provocar la fractura o quebrantamiento de las mismas, mediante la aplicación de presiones.

#### OPERACIONES UNITARIAS DEL PROCESO HIDROMETALÚRGICO

Las etapas u operaciones unitarias del proceso hidrometalúrgico son:

- Chancado.
- Aglomerado.
- Lixiviación.
- Extracción por solvente.
- Electro obtención.

Los cátodos de cobre obtenidos se almacenan en canchas de almacenamiento y despacho de cátodos de cobre.

### Resumen de contenidos:

La hidrometalurgia es una rama de la metalurgia extractiva, y comprende todos los procesos y operaciones unitarias orientados a la obtención de metales o compuestos metálicos y no-metálicos, en sistemas acuosos. En los yacimientos de cobre de minerales oxidados, luego de ser extraídos de la mina pasan por una etapa de reducción de tamaño (chancado). Luego el proceso de obtención de cobre continúa con la realización de otras etapas que trabajan como una cadena productiva, totalmente sincronizadas.

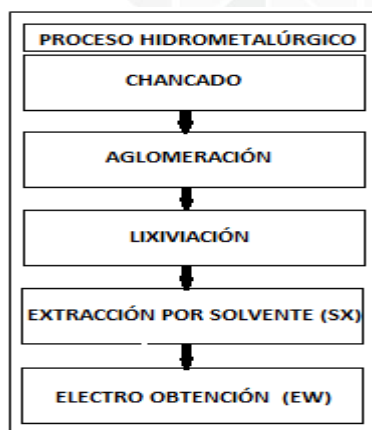


Figura 20 Etapas del proceso hidrometalúrgico

### Objetivo del proceso hidrometalúrgico

El proceso unitario fundamental de la hidrometalurgia es la lixiviación. El objetivo del proceso hidrometalúrgico es obtener el cobre de los minerales oxidados y algunos minerales sulfuros secundarios que lo contienen, aplicando una disolución con una solución ácida, generalmente ácido sulfúrico diluido en agua o en una solución de descarte de este proceso (solución de refino proveniente de la atapa de extracción por solvente).

Este proceso se basa en que los minerales oxidados son solubles al contacto con soluciones ácidas y en los minerales sulfurados se realiza una disolución al entrar en contacto con algunas bacterias (lixiviación bacteriana).

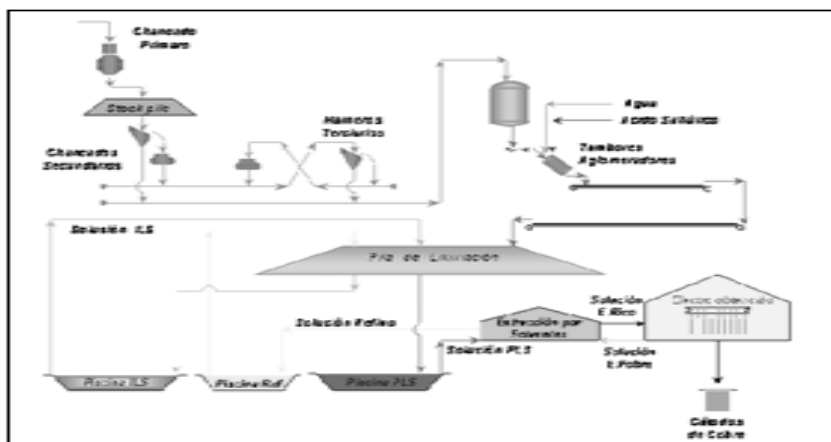


Figura 21 Diagrama de flujo de una planta hidrometalúrgica

### Operaciones unitarias de la hidrometalurgia

#### **Chancado**

Es la operación unitaria de reducción de tamaño (conminución) consistente en la producción de partículas de menor tamaño a partir de trozos mayores, para ello es necesario provocar la fractura o quebrantamiento de las mismas, mediante la aplicación de presiones.

El objetivo del chancado es preparar al sólido para la posterior extracción de los elementos valiosos contenidos en la mena. Puede llevarse a cabo usando varias etapas de chancado, las que depende de:

- a) Características de la alimentación
- b) Características del mineral
- c) Operación posterior.

Generalmente el chancado es una operación en seco y normalmente se realiza en dos o tres etapas. Los trozos de mena extraídos de la mina pueden ser tan grandes como 1,5 m y éstos son reducidos en la etapa de chancado primario hasta 10-20 cm en máquinas chancadoras de trabajo pesado.

El producto del chancador primario, con un tamaño inferior a 200 mm, alimenta al chancado secundario que cuenta con harnero secundario de doble parrilla, el sobre tamaño de este harnero alimenta el chancado terciario de cono de cabeza corta, que opera en circuito cerrado con harneros vibratorios de doble parrilla.

El producto del chancado lo constituye el material de tamaño 12-15 mm de los harneros terciarios y secundarios que se transporta mediante correas a los procesos posteriores.

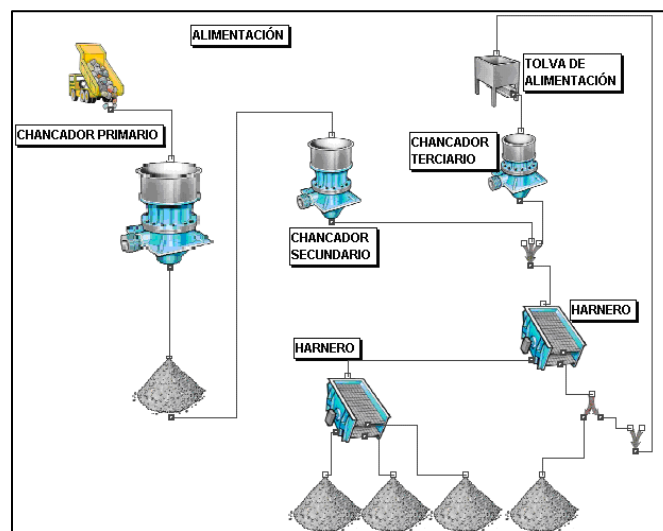


Figura 22 Diagrama de flujo de chancado típico.

## Aglomeración

La aglomeración proporciona una activación tanto física como química del mineral chancado, la cual forma aglomerados (racimos de las partículas más finas de mineral unidas a las más gruesas). Este proceso consiste en humedecer el mineral con cantidades medidas de refino, agua fresca y ácido sulfúrico concentrado, y dejar reposar este mineral humedecido (aglomerado) por un corto período de tiempo. La humedad del aglomerado varía en un rango del 7 al 12 %, la dosificación de ácido promedio es de 35 kg/ton. min., la dosificación de agua varía entre 65y 85 kg / ton mineral y el tiempo de reposo oscila entre 12 y 48 horas

La producción de mineral aglomerado ayuda a aumentar la permeabilidad del mineral en la pila con el fin de asegurar un buen contacto con el ácido sulfúrico y uniformar el flujo de solución de lixiviación dentro de la pila. Esto mejora la actividad de lixiviación y, de esta manera, incrementa la recuperación de cobre.

La aglomeración se logra en tambores inclinados, de velocidad variable, con revestimiento interior de caucho.

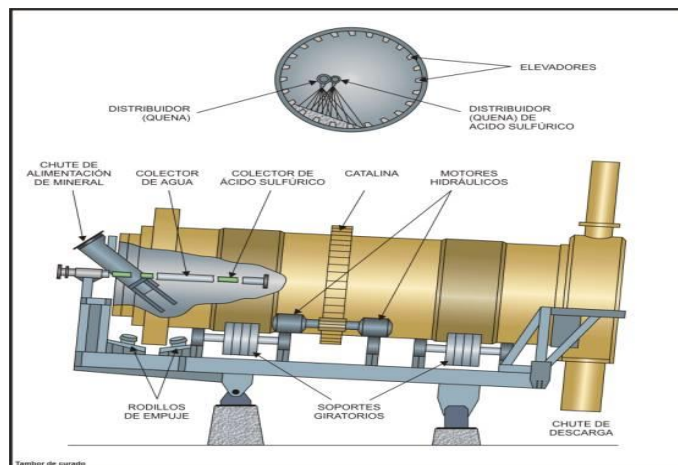


Figura 23 Tambor aglomerador y sus componentes

El material chancado es llevado mediante correas transportadoras hacia tambores de aglomeración y curado, cuya finalidad es formar glómeros de material fino con medianos y gruesos producto de una irrigación con una solución de agua y ácido sulfúrico y que además, inicia el camino el proceso de sulfatación del cobre contenido en los minerales oxidados antes que se produzca la lixiviación en la pila. Posteriormente, estos glómeros se transportan por una correa transportadora hacia el lugar donde se formará la pila.

En su destino, el mineral es descargado mediante un equipo apilador, que lo va depositando ordenadamente formando un terraplén continuo, cuya altura fluctúa entre 3 a 6 m. que corresponde a la pila de lixiviación. Sobre esta pila se instala un sistema de riego por goteo y/o aspersores que van cubriendo toda el área expuesta.

Bajo las pilas de lixiviación se instala previamente una membrana impermeable sobre la cual se dispone un sistema de drenaje (tuberías ranuradas) que permiten recoger las soluciones que se infiltran a través del material.



Figura 24 Equipo apilador

### Lixiviación

La podemos definir como la disolución parcial o total de una matriz sólida en una fase líquida. El objetivo de esta operación unitaria es extraer alguna especie química útil con beneficio económico desde la matriz sólida (mineral), para recuperar esta especie, posteriormente desde la fase acuosa.

Esta operación requiere de un contacto de un sólido con un líquido para poder disolver el sólido parcialmente, de tal forma que el material disuelto quede en el líquido. El material disuelto en el líquido debe comprender a las especies químicas que sean útiles y que se desean recuperar posteriormente.

El líquido o fase líquida es una solución acuosa que contiene reactivos químicos que actúan sobre el sólido para disolverlo.

Dada la naturaleza de la lixiviación, se puede agrupar, de acuerdo a los objetivos del proceso en tres categorías las cuales son: disolver parcial o totalmente el sólido, para extraerle las especies útiles, estabilizar en el líquido las especies útiles disueltas, y minimizar la cantidad de especies no útiles a disolver.

Para lograr la disolución de las especies útiles es necesario contactar el mineral de cobre óxido con una solución acuosa (solución lixivante). Este contacto debe de realizarse de tal manera que permita que los reactivos químicos (agentes lixiviantes), presentes en la solución lixivante, interactúen con la superficie del mineral para que ocurran en la interfase sólido – líquido, las reacciones químicas de disolución del cobre que se desea que ocurran. El mineral a lixiviar debe presentar la mayor superficie expuesta posible por unidad de masa, para lograr de esta forma una máxima interacción del mineral con el agente lixivante de la solución.

Del mineral, la finalidad es que se disuelvan solamente las especies útiles, por lo que el agente lixivante debe ser selectivo e interactuar solamente con esas especies y no otras contenidas en el mineral para lograr minimizar la disolución de las otras especies.

Considerando que los productos de la lixiviación son las soluciones acuosas que contienen las especies útiles disueltas y estabilizadas y el material sólido residual, se hace necesario separar estas fases para proseguir con el proceso.

El sólido residual (ripios) se desecha y, por lo general, se acopia en sectores definidos, en tanto

que las soluciones acuosas continúan con el proceso.

Las soluciones acuosas resultantes de la lixiviación presentan, en muchos casos, dos problemas; uno es la baja concentración de las especies útiles en estas soluciones y el otro es la alta cantidad de especies no útiles disueltas y en algunos casos también no disueltas, las que del punto de vista de proceso son contaminantes de la solución.

### Extracción por solvente (SX)

Las soluciones conteniendo cobre disuelto obtenidas en la lixiviación (PLS) son tratadas posteriormente mediante el proceso de extracción por solvente (SX) para su purificación y obtener un electrolito de cobre apto para el proceso de electro obtención (EW).

La etapa denominada extracción por solvente en el proceso hidrometalúrgico del cobre, es intermediaria entre la de lixiviación y electro obtención. Su rol esencial en el proceso, es la de actuar como etapa de purificación química que permita obtener un electrolito con composición óptima para que en la EW se consiga obtener cátodos de alta pureza y alta eficiencia energética.

Este proceso de purificación se hace posible por la utilización de un líquido orgánico capaz de separar el ión cobre de sus acompañantes en el PLS y transferirlo posteriormente hacia el electrolito que avanza a EW.

La extracción por solvente del cobre, es un proceso de naturaleza química que permite la transferencia selectiva del cobre iónico desde una fase acuosa (PLS) hacia otra (electrolito) actuando como medio de transporte una fase líquida orgánica que es inmisible con las acuosas anteriores. La fase líquida orgánica que permite la funcionalidad del proceso de SX, comúnmente en el lenguaje del proceso se le denomina como orgánico, contiene un compuesto orgánico denominado extractante y que químicamente se representa por RH.

El proceso de SX para lograr los objetivos de purificación y concentración consta de dos etapas básicas, extracción y reextracción (figura 33).

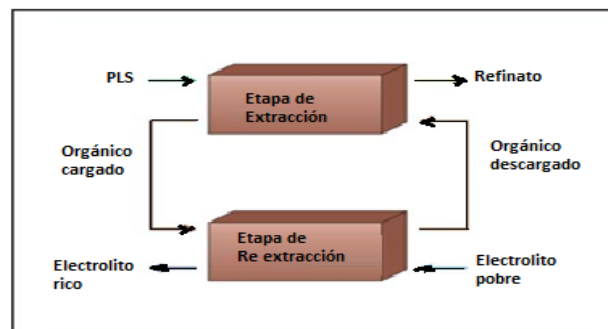


Figura 25 Diagrama del proceso de SX

## Electro-obtención (EW)

Los procesos hidrometalúrgicos de lixiviación producen en general dos tipos de soluciones:

- Soluciones fuertes: Con contenidos de cobre en soluciones entre los rangos de 30-50 g/lit.
- Soluciones débiles: Con contenido de cobre < 10 g/lit.

Las soluciones fuertes son aptas para entrar directamente al proceso posterior de electro-obtención pero a menudo poseen importantes niveles de contaminantes, por lo que se hace necesario previamente someterlas a procesos de purificación, en cambio las soluciones débiles, deben pasar necesariamente por una etapa de concentración vía extracción por solvente.

El objetivo del proceso de electro obtención es:

- Recuperar el cobre contenido en las soluciones de lixiviación mediante la aplicación de corriente y obtener cobre metálico en forma de cátodos. Los electrodos usados para dicho objetivo son: cátodos de acero inoxidable y un ánodo inerte de Pb-Sb o Pb-Ca.
- Producir cátodos de la mayor calidad posible y a bajo costo.
- Regenerar ácido sulfúrico simultáneamente con la deposición de cobre, el cual se recicla a la planta de extracción por solventes (SX).

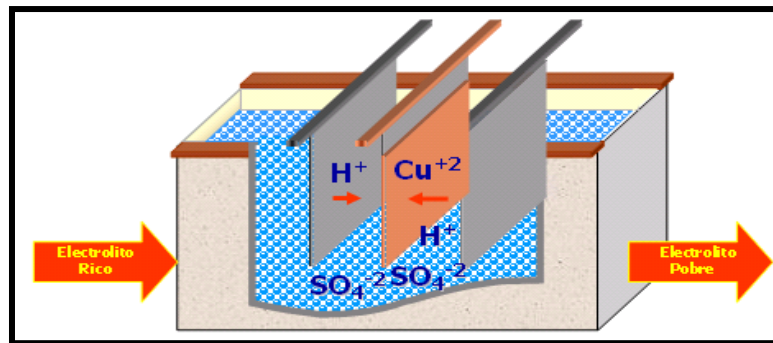


Figura 26 Celda EW y reacciones principales

### Reacciones principales



En la planta de electro-obtención se obtiene el cobre metálico partiendo de una solución que contiene electrolito rico (sulfato de cobre) y ácido sulfúrico utilizando el paso de una corriente eléctrica desde un ánodo insoluble de plomo hacia un cátodo de acero inoxidable. El cobre se

deposita gradualmente sobre dicho cátodo, el que aumenta su espesor y peso, en tanto que en el ánodo procede la disociación del agua en iones hidrógeno y oxígeno libre. Los iones hidrógeno incrementan la concentración de ácido y el oxígeno es liberado en forma de pequeñas burbujas en el ánodo de plomo.

La energía eléctrica en exceso sobre la teóricamente requerida, se disipa en forma calórica en el electrolito. A objeto de mantener las celdas a la temperatura deseada entre 38 y 45°C el electrolito caliente descargado que abandona la planta es usado para calentar el electrolito frío de entrada

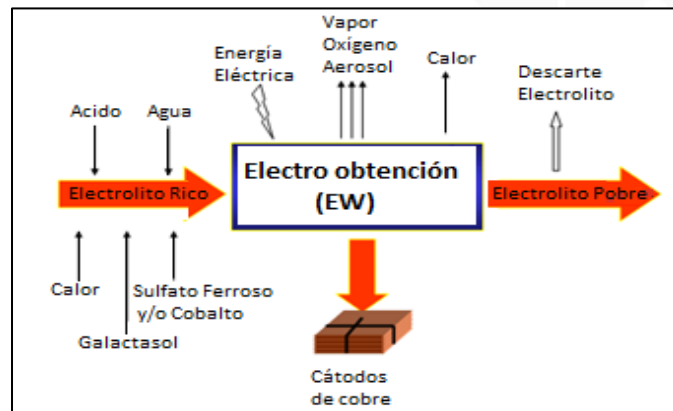


Figura 27 Esquema general de flujos de masa y energía

El cobre en solución (catión:  $\text{Cu}^{+2}$ ) es atraído por el polo negativo representado por los cátodos, por lo que migra hacia éstos pegándose partícula por partícula en su superficie en forma metálica (carga cero).

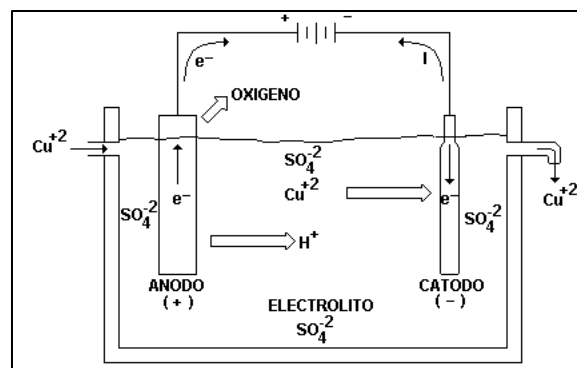


Figura28 Movimientos iónicos en la celda EW

Una vez transcurridos seis a siete días en este proceso de electro obtención, se produce la cosecha de cátodos. En este tiempo se ha depositado cobre con una pureza de 99,99% en ambas caras del cátodo con un espesor de 3 a 4 cm, lo que proporciona un peso total de 70 a 80 kg por cátodo.

Los cátodos son lavados con agua caliente para remover posibles impurezas de su superficie y luego son llevados a la máquina despegadora, donde en forma totalmente mecanizada se

despegan las hojas de ambos lados, dejando limpio el cátodo permanente que se reintegra al ciclo del proceso de electro obtención.



Figura 29 Integración de procesos hidrometalúrgicos



**Actividad:** Definición de las etapas u operaciones unitarias del proceso hidrometalúrgico de minerales óxidos de cobre.

- **Estrategia Metodológica**

Las estrategias son los procedimientos y recursos utilizados para promover el aprendizaje esperado a través de las actividades.

- **Estrategia de Implementación de Actividades de Aprendizajes:**

Estrategia de implementación:	Aplica
Recursos Plataforma Web	
Explicación Demostrativa en Aula	✓
Recurso Audiovisual	✓
Propuestas de Situaciones Típicas en Actividades	✓
Formulación de Preguntas	✓
Trabajo en Sala de Clases	✓
Otros (especificar)	

### 1. Objetivo

- Identificar las etapas y secuencia del proceso hidrometalúrgico de minerales óxidos de cobre, operación fundamental y necesaria para el éxito del negocio minero.

### 2. Materiales y recursos

- Cuaderno del participante
- PC y proyector
- Acceso a Internet
- Papelógrafo y plumones
- Actividad impresa



### 3. Descripción de la Actividad:

Etapa	Especificaciones												
Inicio	El instructor deberá guiar a los participantes, entregando instrucciones claras sobre cómo proceder en la actividad, respondiendo y aclarando cualquier duda sobre la actividad a desarrollar.												
Desarrollo de la actividad	<p data-bbox="581 445 1287 548">El participante deberá definir secuencialmente las operaciones unitarias del proceso hidrometalúrgico, en la siguiente tabla:</p> <table data-bbox="581 548 1287 1224"><tr><th data-bbox="581 548 857 779">Nombre de la operación unitaria de la hidrometalurgia del cobre</th><th data-bbox="857 548 1287 779">Definición de la operación unitaria</th></tr><tr><td data-bbox="581 779 857 884">1</td><td data-bbox="857 779 1287 884"></td></tr><tr><td data-bbox="581 884 857 947">2</td><td data-bbox="857 884 1287 947"></td></tr><tr><td data-bbox="581 947 857 1026">3</td><td data-bbox="857 947 1287 1026"></td></tr><tr><td data-bbox="581 1026 857 1131">4</td><td data-bbox="857 1026 1287 1131"></td></tr><tr><td data-bbox="581 1131 857 1224">5</td><td data-bbox="857 1131 1287 1224"></td></tr></table>	Nombre de la operación unitaria de la hidrometalurgia del cobre	Definición de la operación unitaria	1		2		3		4		5	
Nombre de la operación unitaria de la hidrometalurgia del cobre	Definición de la operación unitaria												
1													
2													
3													
4													
5													
Duración de la actividad	60 minutos.												

### 4. Cierre de la Actividad

El instructor refuerza los conceptos y habilidades aprendidas, y comenta los resultados de las actividades desarrolladas, explicando además la importancia de cada una de estas operaciones unitarias, dando satisfacción al cliente interno y externo, de acuerdo a la cadena de valor del negocio minero.

El participante deberá comprender que las empresas mineras para cumplir con las exigencias del cliente interno y externo, debe maximizar el conocimiento de estas operaciones unitarias y la secuencia de estas para que cada una de ellas sea eficiente.

## 7. Descripción del proceso pirometalurgico.

**Aprendizaje esperado:** Identificar los procesos productivos de la minería del cobre.

Conceptos Claves		
PIROMETALURGIA	OBJETIVO DEL PROCESO DE REFINACIÓN	OBJETIVOS DE LA ELECTRO REFINACIÓN O REFINACIÓN ELECTROLÍTICA
La pirometalurgia es una rama de la metalurgia extractiva, donde se obtiene y purifica metales mediante calor (fundición).	La refinación es un proceso discontinuo, donde se incrementa la pureza del cobre blister proveniente de la etapa de conversión, eliminando el porcentaje de oxígeno que contiene.	Eliminar las impurezas que dañan las propiedades eléctricas y mecánicas del cobre, y separar las impurezas valiosas del cobre.

### Resumen de contenidos:

La pirometalurgia es una rama de la metalurgia extractiva, donde se obtiene y purifica (refina) metales mediante calor (fundición). Conceptualmente, el proceso Fusión – Conversión, implica el uso del calor generado por la oxidación de la mata para fundir el concentrado húmedo (7 – 8% H<sub>2</sub>O). Bajo esta condición de operación convencional, una parte importante del calor generado por la conversión del eje se pierde, pues se usa en calentar y evaporar el agua contenida en el concentrado desde la temperatura ambiente hasta 1200°C, la cual es la temperatura de los gases de salida por la boca del horno. Esta consideración indujo el uso de concentrado seco en la alimentación. Alimentando concentrado seco, controlando la composición mineralógica del concentrado (o mezclas), controlando el flujo de aire y su enriquecimiento de oxígeno, es posible operar de modo estable el horno Fusión–Conversión sin el requerimiento de eje proveniente de la unidad de fusión. Sin embargo, es necesario tener un sistema de alimentación de concentrado seco al horno para evitar las pérdidas de polvo arrastrado por el horno en los gases de salida. Por esta razón, se fabricó un sistema de transporte neumático con un diseño especial de toberas intercaladas entre las toberas de soplado de aire. El sistema de alimentación de concentrado consta de equipos de dosificación, bombas neumáticas, tuberías, un divisor y un diseño especial de inyección por toberas. Esto es, la aplicación de la fusión sumergida de concentrados.

El proceso de pirorrefinación, realiza diferentes etapas operacionales con el propósito de generar un condicionamiento del cobre blister para las etapas posteriores de electrorrefinación, ajustando el grado de oxidación del metal mediante una eliminación selectiva de impurezas

presentes y posterior reducción de los óxido de cobre, con el resultado final de un cobre anódico de calidad en sus características mecánica y físico-química.

### Operaciones unitarias de la fundición de concentrados

#### **Proceso de fusión - conversión de concentrados de cobre**

La fusión tiene por objetivo fundir el concentrado de cobre a alta temperatura para concentrar el cobre mediante separación de fases, una parte rica en cobre (eje y metal blanco), y otra parte baja en cobre (escoria).

La conversión tiene por objetivo eliminar el azufre y el hierro presentes en el concentrado de cobre (cobre sulfurado), mediante oxidación del baño fundido (inyección de aire con alto contenido de oxígeno), para obtener una parte cobre relativamente puro (cobre blíster), y por otra parte escoria fayalítica.

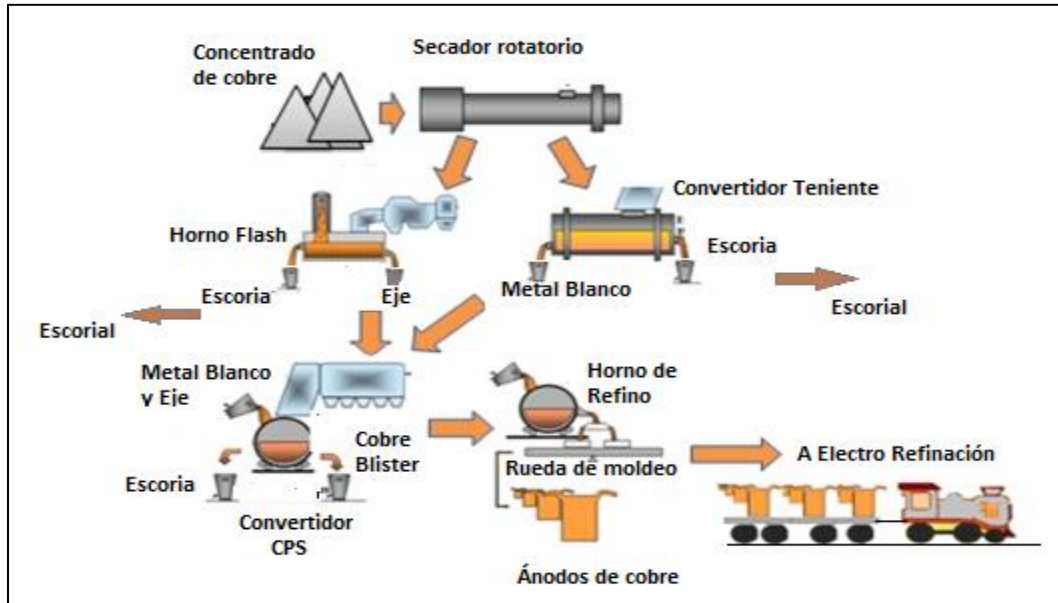


Figura 30 Diagrama del proceso de fundición y refinación de concentrado de cobre

Las etapas del proceso de fundición son las siguientes:

- Inyección de concentrado en hornos de fundición (reacción)

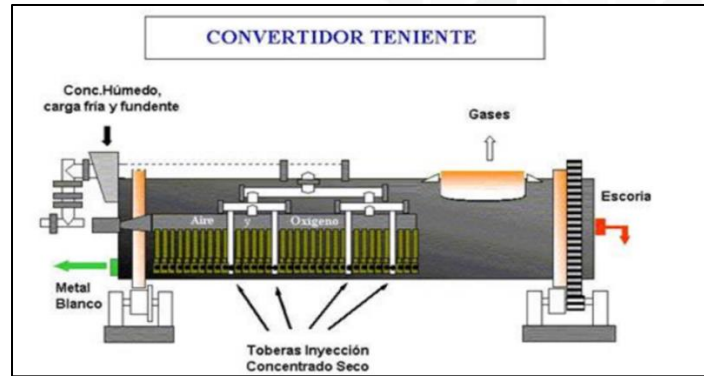


Figura 31 Convertidor tipo Teniente

- Soplado
- Vaciado de metal blanco
- Evacuación de gases
- Proceso de refinación y moldeo.

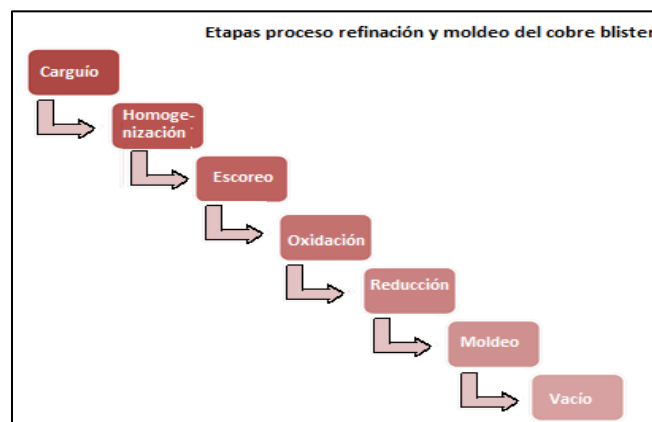


Figura32 Etapas del proceso de refinación y moldeo

### Refinación electrolítica del cobre

En este proceso se logra purificar más los ánodos de cobre por medio de la electrólisis hasta obtener una mayor pureza. Este es el producto que se vende en el mercado internacional. Se llama cátodo de cobre de alta pureza y contiene 99,97% a 99,99% de cobre.

Es la disolución electroquímica de los ánodos impuros de cobre, para permitir que el metal se deposite en forma selectiva y con máxima pureza sobre cátodos de cobre.

La electro refinación tiene dos objetivos:

- Eliminar las impurezas que dañan las propiedades eléctricas y mecánicas del cobre.
- Separar las impurezas valiosas del cobre. Éstas pueden ser recuperadas después como subproductos metálicos.



Figura33 Celdas de electro refinación. Codelco Norte

## ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE



**Actividad:** Definición de las etapas u operaciones unitarias del proceso pirometalúrgico de concentrado de cobre.

- **Estrategia Metodológica**

Las estrategias son los procedimientos y recursos utilizados para promover el aprendizaje esperado a través de las actividades.

- **Estrategia de Implementación de Actividades de Aprendizajes:**

Estrategia de implementación:	Aplica
Recursos Plataforma Web	
Explicación Demostrativa en Aula	✓
Recurso Audiovisual	✓
Propuestas de Situaciones Típicas en Actividades	✓
Formulación de Preguntas	✓
Trabajo en Sala de Clases	✓
Otros (especificar)	

### 1. Objetivo

- Identificar la secuencia de las etapas del proceso pirometalúrgico del cobre, operación fundamental para el éxito del negocio minero.

### 2. Materiales y recursos

- Cuaderno del participante
- PC y proyector
- Acceso a Internet
- Papelógrafo y plumones
- Actividad impresa



### 3. Descripción de la Actividad:

Etapa		Especificaciones	
Inicio		El instructor deberá guiar a los participantes, entregando instrucciones claras sobre cómo proceder en la actividad, respondiendo y aclarando cualquier duda sobre la actividad a desarrollar.	
Desarrollo de la actividad		El participante deberá definir secuencialmente las operaciones unitarias del proceso pirometalúrgico, en la siguiente tabla:	
		<b>Nombre de la operación unitaria de la pirometalurgia del cobre</b>	<b>Definición de la operación unitaria del proceso de fundición de concentrados de cobre</b>
Duración de la actividad		60 minutos.	

### 4. Cierre de la Actividad

El instructor reforzará los conceptos aprendidos, y comentará los resultados de las actividades desarrolladas.

## Resumen de contenidos:

### Planta de secado

El secado de sólidos consiste en separar pequeñas cantidades de agua u otro líquido de un material sólido con el fin de reducir el contenido de líquido residual hasta un valor aceptablemente bajo. El concentrado de cobre se seca térmicamente por vaporización.

El líquido que ha de vaporizarse puede aumentar sobre la superficie del sólido, en el interior del sólido, o parte en el exterior y parte en el interior.

El producto que se seca puede soportar temperaturas elevadas o bien requiere un tratamiento suave a temperaturas bajas o moderadas. Esto da lugar a que en el mercado exista un gran número de tipos de secadores comerciales. Las diferencias residen fundamentalmente en la forma en que se mueven los sólidos a través de la zona de secado y en la forma en la que se transmite calor.

Los equipos de secado pueden clasificarse en secadores en los que el sólido se encuentra directamente expuesto a un gas caliente (generalmente aire) y en secadores en los que el calor es transmitido al sólido desde un medio externo tal como vapor de agua condensante, generalmente a través de una superficie metálica con la que el sólido está en contacto.

Los secadores que exponen los sólidos a un gas caliente se llaman adiabáticos o secadores directos, y los secadores en los que el calor es transmitido desde un medio externo reciben el nombre de no adiabáticos o secadores indirectos. Los secadores calentados por energía radiante, dieléctrica o de microondas, también son no adiabáticos. Algunas unidades combinan el secado adiabático y no adiabático, y se denominan secadores directos-indirectos.

La mayor parte de los secadores industriales operan con partículas de sólidos durante todo o una parte del ciclo de secado.

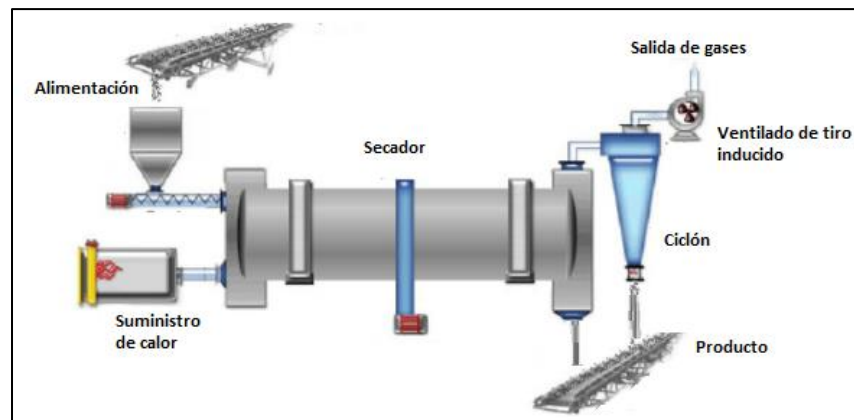


Figura 34 Secador

## ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE



**Actividad:** Definición de secado de materiales sólidos (concentrado de cobre), en tambores secadores rotatorios.

- **Estrategia Metodológica**

Las estrategias son los procedimientos y recursos utilizados para promover el aprendizaje esperado a través de las actividades.

- **Estrategia de Implementación de Actividades de Aprendizajes:**

Estrategia de implementación:	Aplica
Recursos Plataforma Web	
Explicación Demostrativa en Aula	✓
Recurso Audiovisual	✓
Propuestas de Situaciones Típicas en Actividades	✓
Formulación de Preguntas	✓
Trabajo en Sala de Clases	✓
Otros (especificar)	

### 1. Objetivo

- Identificar los distintos mecanismos de transferencia de calor aplicados en los tambores rotatorios secadores de sólidos húmedos.

### 2. Materiales y recursos

- Cuaderno del participante
- PC y proyector
- Acceso a Internet
- Papelógrafo y plumones
- Actividad impresa



### 3. Descripción de la Actividad:

Especificaciones									
<b>Etapa</b>									
Inicio	El instructor deberá guiar a los participantes, entregando instrucciones claras sobre cómo proceder en la actividad, respondiendo y aclarando cualquier duda sobre la actividad a desarrollar.								
Desarrollo de la actividad	<p>El participante deberá definir los modos de transferencia de calor que se aplican en los tambores secadores, en la siguiente tabla:</p> <table><tr><th>Modo de transferencia de calor en el secador</th><th>Definición del modo de transferencia de calor</th></tr><tr><td>1</td><td></td></tr><tr><td>2</td><td></td></tr><tr><td>3</td><td></td></tr></table>	Modo de transferencia de calor en el secador	Definición del modo de transferencia de calor	1		2		3	
Modo de transferencia de calor en el secador	Definición del modo de transferencia de calor								
1									
2									
3									
Duración de la actividad	60 minutos.								

### 4. Cierre de la Actividad

El instructor refuerza los conceptos y habilidades aprendidas, y comenta los resultados de las actividades desarrolladas, explicando además la importancia de esta operación unitaria en el proceso de fundición, por cuanto el concentrado debe ingresar al horno con menos de 0,5% humedad, dando de esta forma satisfacción al cliente interno y externo, de acuerdo a la cadena de valor del negocio minero.

El participante deberá comprender que las empresas mineras para cumplir con las exigencias del cliente interno y externo, debe maximizar el conocimiento de esta operación unitaria y la secuencia de estas para que cada una de ellas sea eficiente.

## Resumen de contenidos:

### Planta de ácido

El ácido sulfúrico es uno de los químicos industriales más importantes. El per cápita usado de ácido sulfúrico es un índice del desarrollo técnico de una nación. El ácido sulfúrico es importante en casi todas las industrias, y es el reactivo usado en el proceso de lixiviación de minerales de cobre.

El ácido sulfúrico es un líquido viscoso, de densidad  $1,84 \text{ g/cm}^3$  (98% pureza) transparente e incoloro cuando se encuentra en estado puro, y de color marrón cuando contiene impurezas. Es un ácido fuerte que, cuando se calienta por encima de  $30^\circ\text{C}$  desprende vapores y por encima de  $200^\circ\text{C}$  emite trióxido de azufre. En frío reacciona con todos los metales y en caliente su reactividad se intensifica. Tiene gran afinidad por el agua y es por esta razón que extrae el agua de las materias orgánicas, carbonizándolas.

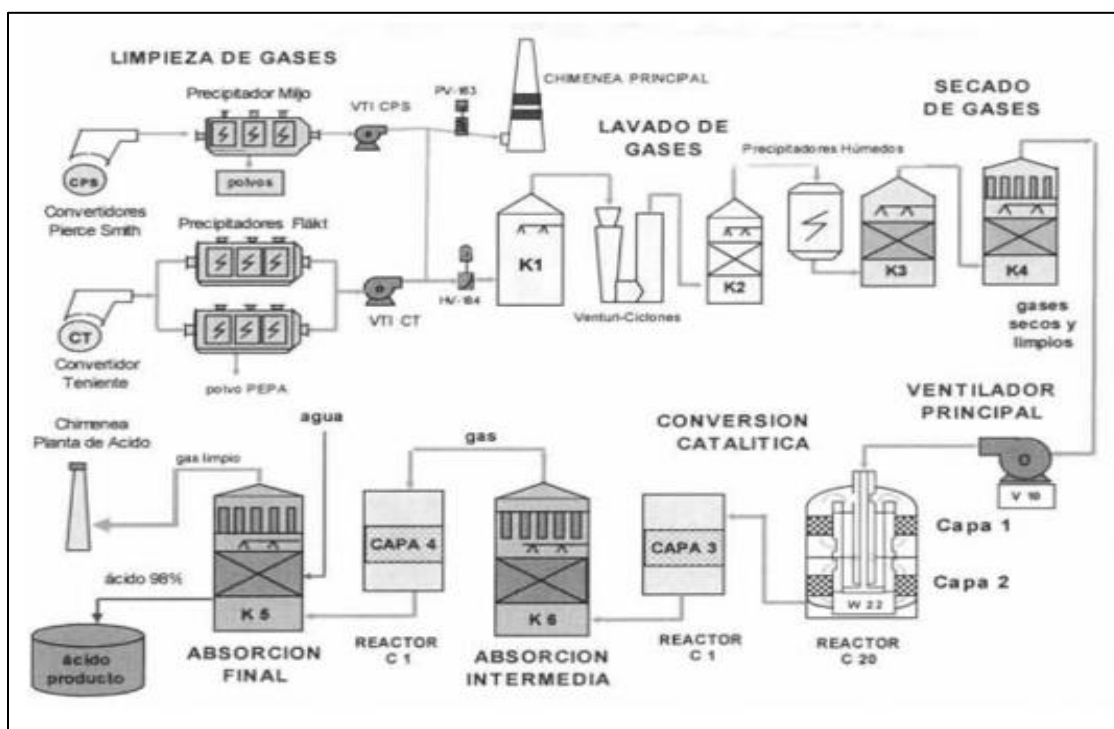


Figura 35 Diagrama de flujo planta de ácido sulfúrico. Codelco fundición Ventanas

### Cancha de almacenamiento y despacho de ánodos de cobre

Este es el proceso final, donde los ánodos se enzunchan y almacenan según sus características físicas y químicas. Los ánodos son seleccionados de acuerdo a su calidad, son contabilizados y luego rotulados para su posterior embarque en tren hacia el proceso de electro refinación y su posterior comercialización.



Figura 36 Retiro de ánodos a electro refinación desde cancha de almacenamiento

## ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

**Actividad:** Definición de las etapas del proceso de fabricación del ácido sulfúrico.



- **Estrategia Metodológica**

Las estrategias son los procedimientos y recursos utilizados para promover el aprendizaje esperado a través de las actividades.

- **Estrategia de Implementación de Actividades de Aprendizajes:**

Estrategia de implementación:	Aplica
Recursos Plataforma Web	
Explicación Demostrativa en Aula	✓
Recurso Audiovisual	✓
Propuestas de Situaciones Típicas en Actividades	✓
Formulación de Preguntas	✓
Trabajo en Sala de Clases	✓
Otros (especificar)	

### 1. Objetivo

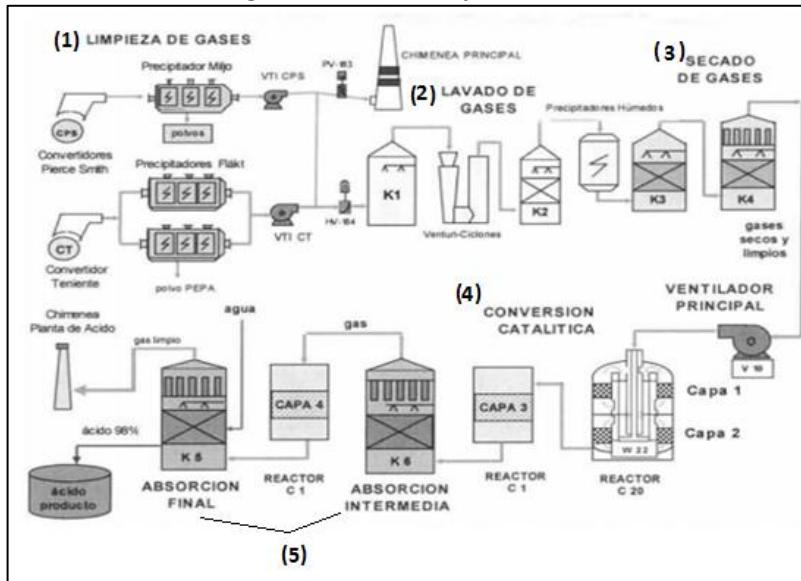
- Identificar conceptos de las etapas y secuencia de la producción del ácido sulfúrico, a partir de los gases metalúrgicos extraídos de la etapa de fusión y conversión de la fundición de concentrados de cobre.

### 2. Materiales y recursos

- Cuaderno del participante
- PC y proyector
- Acceso a Internet
- Papelógrafo y plumones
- Actividad impresa

### 3. Descripción de la Actividad:

Etapa	Especificaciones
Inicio	El instructor deberá guiar a los participantes, entregando instrucciones claras sobre cómo proceder en la actividad, respondiendo y aclarando cualquier duda sobre la actividad a desarrollar.
Desarrollo de la actividad	El participante deberá definir secuencialmente las operaciones unitarias del proceso de fabricación del ácido sulfúrico, identificados en la figura en la tabla adjunta.



Nombre de la etapa	Definición de la etapa
(1)	
(2)	
(3)	

	(4)	
	(5)	
Duración de la actividad 60 minutos.		

#### 4. Cierre de la Actividad

El instructor refuerza los conceptos y habilidades aprendidas, y comenta los resultados de las actividades desarrolladas, explicando además la importancia de cada una de estas operaciones unitarias, dando satisfacción al cliente interno y externo, en cuanto a la calidad del ácido entregado, de acuerdo a la cadena de valor del negocio minero.

El participante deberá comprender que las empresas mineras para cumplir con las exigencias del cliente interno y externo, debe maximizar el conocimiento de estas operaciones unitarias y la secuencia de estas para que cada una de ellas sea eficiente.

## 8. Procesos productivos en una planta de procesamiento de mineral de cobre.

**Aprendizaje esperado:** Aplicar la cadena de valor asociada a las operaciones unitarias del proceso de la minería del cobre.

### Conceptos Claves

#### PROCESO PRODUCTIVO

Se define proceso productivo como la actividad o conjunto de actividades sobre las cuales interactúan diversos factores externos o internos que permitirán obtener resultados o productos.

#### MODELO DE GESTIÓN PROVEEDORES-PROCESO- CLIENTES

Un modelo de gestión usado en la minería es definir cada proceso en forma independiente, el cual cuenta con sus proveedores y clientes. Entonces, cada proceso tendrá sus entradas que serán abastecidas o entregadas por los proveedores y deberá generar sus salidas para satisfacer las necesidades de sus clientes.

#### COSTOS

Los costos dentro del modelo proveedores-procesos-clientes son los controladores del proceso, ya que son los mejores indicadores de su estado.

### Resumen de contenidos:

En general, se define como proceso productivo la actividad o conjunto de actividades sobre las cuales interactúan diversos factores externos o internos que permitirán obtener resultados o productos.

Por ejemplo, objetivo final de una planta concentradora es obtener un producto en cantidad y calidad definida previamente según estudios geológicos, metalúrgicos y de mercado. Este objetivo puede ser dividido en sub objetivos, donde a cada uno de ellos podemos asociar a un proceso, el cual tiene asociado un conjunto de actividades

Se debe garantizar un ambiente de operación apto para lograr los mejores rendimientos de los equipos involucrados, tanto en la parte física, humana y ambiental.

Cabe destacar que el principal insumo y a la vez producto de cada proceso productivo es la información, la que según su calidad y cantidad permitirá llevar a cabo los procesos productivos con el más alto potencial de éxito posible.

### **Esquema proveedores – proceso - clientes**

Un modelo de gestión usado en la minería es definir cada proceso en forma independiente, el cual cuenta con sus proveedores y clientes. Entonces, cada proceso tendrá sus entradas que serán abastecidas o entregadas por los proveedores y deberá generar sus salidas para satisfacer las necesidades de sus clientes.

Los clientes son los principales condicionantes del proceso, ya que definen las exigencias de calidad y cantidad de las salidas que un proceso entregará. Pero los proveedores también juegan un papel importante, ya que para un proceso que genere salidas de buena calidad, las entradas suministradas por los proveedores deben ser también de buena calidad.

Es fundamental que para que las entradas y las salidas de un proceso sean de buena calidad debe haber un flujo permanente de información entre proveedores, clientes y el proceso.

El buen rendimiento final de una operación dependerá de que cada proceso obtenga resultados que cumplan o superen las expectativas de sus clientes internos y externos.

Algunos de los factores que con mayor frecuencia estarán presentes, como entradas o salidas, en todo proceso productivo en la planta son los siguientes:

#### **Características mineralógicas de la roca**

Las características que tengan las rocas (menas y gangas) involucradas en una operación en particular será una información de entrada en cada proceso relacionado con la conminución y recuperación, ya que condicionará la reducción de tamaño, liberación de la partícula útil, consumo de energía e insumos, y la secuencia de operación.

#### **Características del material removido**

La dureza y abrasividad de la roca influirán en el rendimiento y costos de todos y cada uno de los procesos productivos; por ejemplo, es muy diferente perforar roca dura que roca blanda, así como también las estructuras presentes influyen en la calidad de la perforación. Adicional a lo anterior existe un deterioro variado en los aceros de los baldes, tolvas y equipos de la planta (bombas).

#### **Planificación**

La correcta planificación de la producción permitirá que el rendimiento de los equipos sea el adecuado. A su vez, la planificación como cliente requerirá información de las operaciones en forma de reporte de operación, recuperación, disponibilidades, etc. para así poder proyectar a futuro los movimientos de materiales y disposición de recursos requeridos. La planificación siempre debe apuntar a los objetivos estratégicos del negocio y no a las tácticas de corto plazo.

#### **Suministros de insumos**

La disponibilidad de suministros de insumos para la operación es fundamental. La adecuada programación de las actividades permitirá definir y mantener una buena gestión en el almacenamiento de suministros de stock, con el fin de que cuando un proceso requiera alguno de ellos, siempre esté disponible (concepto stock mínimo).

### **Servicio equipos auxiliares planta**

Los equipos de servicios auxiliares de la planta deben actuar conforme a los requerimientos de operación, esto es, que se encuentren disponibles cuando se les necesite y que no interfieran negativamente en la operación. Por ejemplo, si el mantenimiento de las bombas de pulpas es óptimo, o sea siempre habrá disponibilidad de una bomba stand by, permitirá a los equipos de la planta mejorar la productividad, mejorando sus rendimientos y disminuyendo la probabilidad de detención de planta, disminución de la producción, etc.

### **Costos**

Los costos son los controladores del proceso, ya que son los mejores indicadores de su estado. Deberán ser evaluados según el proceso global y según los procesos parciales, es decir, el costo de un proceso puede ser alto, pero puede permitir que el costo global de la faena sea menor al establecido.

### **Seguridad, salud y medio ambiente**

La seguridad, la salud y el medio ambiente son preocupaciones permanentes en la minería, tanto como entradas y salidas de cada proceso. Además, una operación segura genera bienestar global en el personal de la planta, mejorando el rendimiento operacional en el corto, mediano y largo plazo. Hoy en día estas entidades no deben ser consideradas ajenas a la operación, ya que conforman la acción directa frente al control de pérdidas y bienestar operacional.

### **Operaciones y funcionamiento global**

Las operaciones relacionadas y realizadas antes y después de cada proceso generan productos y resultados útiles para el proceso mismo, ya que cada proceso es parte de una cadena de información, resultados y operación global de faena, por lo tanto dependen una de la otra. Es decir, las salidas de cada proceso afectan el funcionamiento global de la faena, por lo tanto, afectan directamente a todos y cada uno de los procesos.

La operación global de la planta permitirá dar la pauta a las operaciones particulares, en el sentido de definir las estrategias con que se abordará cada una de las situaciones particulares. La idea de globalidad encierra el concepto de equipo de trabajo y no de funcionamiento individual. Por esto, antes de realizar una mejora en un proceso individual, se debe evaluar si ésta, junto a otras actividades, permitirá hacer una mejora global de la operación.

## ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE



**Actividad:** Definición de los factores que siempre están presentes en todo proceso productivo de un negocio minero.

- **Estrategia Metodológica**

Las estrategias son los procedimientos y recursos utilizados para promover el aprendizaje esperado a través de las actividades.

- **Estrategia de Implementación de Actividades de Aprendizajes:**

Estrategia de implementación:	Aplica
Recursos Plataforma Web	
Explicación Demostrativa en Aula	✓
Recurso Audiovisual	✓
Propuestas de Situaciones Típicas en Actividades	✓
Formulación de Preguntas	✓
Trabajo en Sala de Clases	✓
Otros (especificar)	

### 1. Objetivo

- Identificar conceptualmente los factores internos y externos que interactúan y que permitirán obtener resultados o productos dentro de los estándares de calidad esperados.

### 2. Materiales y recursos

- Cuaderno del participante
- PC y proyector
- Acceso a Internet
- Papelógrafo y plumones
- Actividad impresa



### 3. Descripción de la Actividad:

Etapa		Especificaciones	
Desarrollo de la actividad	Inicio	El instructor deberá guiar a los participantes, entregando instrucciones claras sobre cómo proceder en la actividad, respondiendo y aclarando cualquier duda sobre la actividad a desarrollar.	
	El participante deberá definir lo requerido en la siguiente tabla:	<b>Factor de la Actividad del proceso minero</b>	<b>Forma de interactuar del factor productivo en el proceso productivo.</b>
		Características mineralógicas de la roca	
		Características del material removido, desde la mina.	
		Planificación de la producción	
		Suministro de Insumos	
		Servicio equipos auxiliares planta	
		Costos	

	Seguridad, salud, medio ambiente	
	Operaciones y funcionamiento global de la planta	
Duración de la actividad 60 minutos.		

#### 4. Cierre de la Actividad

El instructor refuerza los conceptos y habilidades aprendidas, y comenta los resultados de las actividades desarrolladas, explicando además que el buen rendimiento final de una operación o de un proceso minero dependerá de cada una de estas obtenga resultados que cumplan o superen las expectativas de sus clientes internos y externos. Estos factores van a estar presentes como entradas o salidas del proceso minero.

## 9. Negocio minero como organización económica.

**Aprendizaje esperado:** Identificar el negocio minero como organización económica, según estándares.

### Conceptos Claves

#### ETAPAS DE LA INVERSIÓN

Las etapas de inversión son:

- Exploración.
- Cuantificación de reservas.
- Estudio de factibilidad.
- Financiamiento.
- Desarrollo y construcción.

#### COSTOS ASOCIADOS AL NEGOCIO MINERO EN OPERACIÓN

Una vez construída en su totalidad la planta de beneficio, vienen los sgtes costos:

- Producción.
- Inversiones de expansión de la empresa.
- Agotamiento de los recursos.

#### CLASIFICACIÓN DE LOS COSTOS SEGÚN EL GRADO DE VARIABILIDAD DEL NEGOCIO MINERO

Estos costos son:

- Costos fijos, cuyo importe permanece constante, independiente del nivel de actividad de la empresa. Son los costos de mantener la empresa abierta.
- Costos variables, que son los costos que varían en forma proporcional, de acuerdo al nivel de producción o actividad del empresa. Son los costos por producir o vender.

### Resumen de contenidos:

El rol del negocio minero en la economía es el de encontrar, delinear y desarrollar depósitos minerales económicos, para luego explotar, procesar y vender los productos que de ellos se obtienen, actividades que deben ser económicamente rentables.

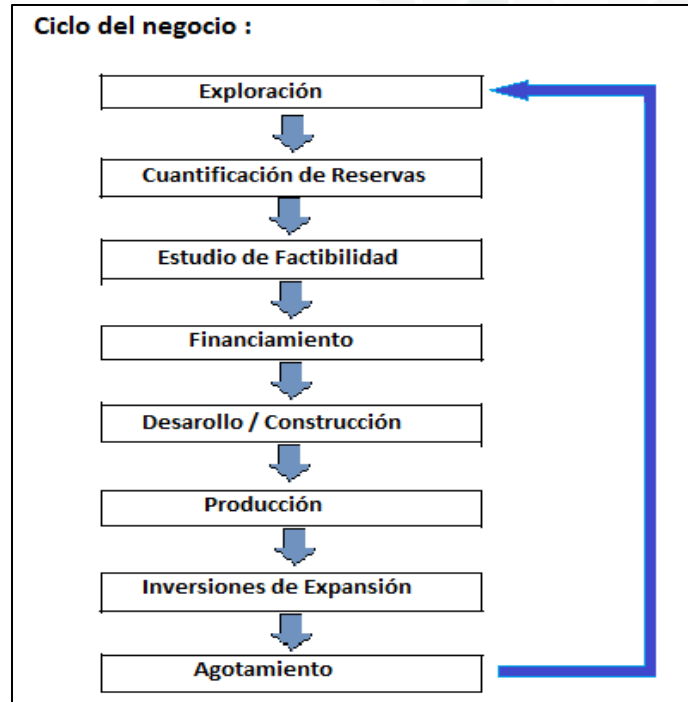


Figura 37. Ciclo del negocio minero

Asociaremos a este ciclo, conceptos económicos de inversión (costos de inversión), y conceptos de empresa en operación (costos de operación, ingresos, utilidades).

### Etapas de la inversión

a) Exploración

b) Cuantificación de reservas

c) Estudio de factibilidad

El estudio de factibilidad implica:

- Evaluación técnica
- Evaluación económica

d) Financiamiento

e) Desarrollo y construcción

### Costos asociados al negocio minero en operación

- a) Producción
- b) Inversiones de expansión de la empresa
- c) Agotamiento de los recursos

#### **Clasificación de costos según su asignación**

##### **Costos directos**

Son los costos que se relacionan directamente con la producción de unidades específicas o líneas de productos y comprenden los salarios del personal y el costo de los insumos empleados para la manufactura.

##### **Costos Indirectos**

Los costos indirectos de fabricación como lo indica su nombre son todos aquellos costos que no se relacionan directamente con la manufactura, pero contribuyen y forman parte del costos de producción: mano de obra indirecta y materiales indirectos, calefacción, luz y energía para la fábrica, arrendamiento del edificio de fábrica, depreciación del edificio y de equipo de fábrica, mantenimiento del edificio y equipo de fábrica, seguro, prestaciones sociales, incentivos, tiempo ocioso son ejemplos de costos indirectos de fabricación

#### **Clasificación de costos según su grado de variabilidad**

##### **Costos Fijos**

Son aquellos costos cuyo importe permanece constante, independiente del nivel de actividad de la empresa, o sea independiente de los cambios en el volumen de producción. Se pueden identificar y llamar como costos de "mantener la empresa abierta", de manera tal que se realice o no la producción, se venda o no la mercadería o servicio, dichos costos igual deben ser solventados por la empresa, por ejemplo: arriendo, amortizaciones o depreciaciones, seguros, impuestos fijos, servicios públicos, sueldos.

##### **Costos Variables**

Son aquellos costos que varían en forma proporcional, de acuerdo al nivel de producción o actividad de la empresa. Son los costos por "producir" o "vender", por ejemplo: Mano de obra directa, materias primas directas, materiales e insumos directos, impuestos específicos, envases, embalajes y etiquetas, comisiones, bonos de producción, etc.

## ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

**Actividad:** Definición de los ciclos del negocio minero y sus costos asociados.



- **Estrategia Metodológica**

Las estrategias son los procedimientos y recursos utilizados para promover el aprendizaje esperado a través de las actividades.

- **Estrategia de Implementación de Actividades de Aprendizajes:**

Estrategia de implementación:	Aplica
Recursos Plataforma Web	
Explicación Demostrativa en Aula	✓
Recurso Audiovisual	✓
Propuestas de Situaciones Típicas en Actividades	✓
Formulación de Preguntas	✓
Trabajo en Sala de Clases	✓
Otros (especificar)	

### 1. Objetivo

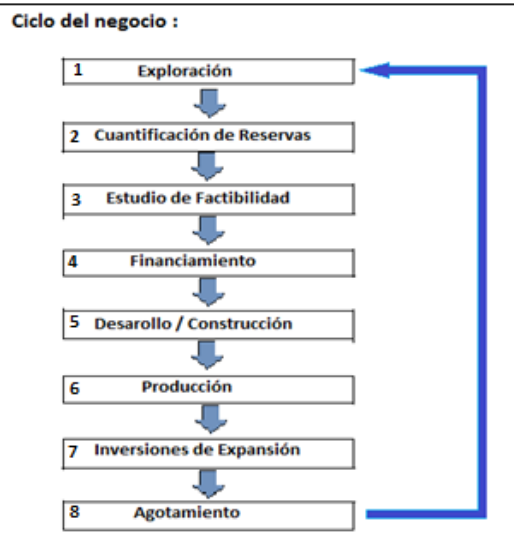
- Identificar conceptos de evaluación económica en las etapas de inversión y en la etapa de operación del proceso productivo. .

### 2. Materiales y recursos

- Cuaderno del participante
- PC y proyector
- Acceso a Internet
- Papelógrafo y plumones
- Actividad impresa

### 3. Descripción de la Actividad:

Etapas	Especificaciones
Inicio	El instructor deberá guiar a los participantes, entregando instrucciones claras sobre cómo proceder en la actividad, respondiendo y aclarando cualquier duda sobre la actividad a desarrollar.
Desarrollo de la actividad	El participante deberá definir lo requerido en la tabla siguiente



Ciclo del negocio minero	Concepto del ciclo
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	

Duración de la actividad 90 minutos.

#### 4. Cierre de la Actividad

El instructor reforzará los conceptos aprendidos, y comentará lo resultados de las actividades desarrolladas.

SOCIOS CCM



Una iniciativa de:

Con la asesoría experta de:

