CCM
CONSEJO DE COMPETENCIAS MINERAS

PAQUETES PARA ENTRENAMIENTO

Cuaderno del Instructor

GESTIÓN DE MANTENIMIENTO Y EQUIPOS DE TRABAJO MECÁNICO

Una iniciativa de:

CONSEJO MINERO

Con la asesoría experta de:

Innovum FCH FUNDACIÓN CHILE

Consejo Minero
Dirección: Apoquindo 3500, Piso 7, Las Condes, Santiago.
Teléfono: (562) 2347 2200
www.ccm.cl

PROPIEDAD INTELECTUAL

Este material ha sido realizado por el Centro de Innovación en Capital Humano de Fundación Chile con la colaboración técnica del Centro de Entrenamiento Industrial y Minero - CEIM, en el marco del Proyecto Eleva, iniciativa pública-privada que busca impulsar la minería del futuro, elevando las capacidades y oportunidades de las personas, a través de una formación técnico profesional pertinente y de calidad que responda a las necesidades de la industria. Esta iniciativa cuenta con el apoyo del Ministerio de Economía, Ministerio de Educación, Ministerio del Trabajo y Previsión Social, CORFO, Consejo de Competencias Mineras (CCM) y la coordinación de Fundación Chile.

Este material está disponible para instituciones que imparten formación en el ámbito minero en Chile, a las que se autoriza la reproducción total o parcial de los contenidos de este material para fines de formación. Se prohíbe la reproducción o adaptación con fines comerciales.

El uso del género masculino en esta publicación no constituye discriminación; tiene el sólo propósito de aligerar el texto cuando la redacción así lo exige.

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS.
QUEDA AUTORIZADA SU REPRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN CITANDO LA FUENTE.

Contenido

Descripción del documento……6

MÓDULO: INTRODUCCIÓN A LA CADENA DE VALOR DE LA MINERÍA DEL COBRE Y SUS PROCESOS8

1.Creación del valor al trabajo……8

2.Desarrollo sustentable del negocio minero…….21

3. Planificación del negocio minero……..28

4. Descripción del proceso mina……..41

5. Descripción del proceso de concentración de minerales……55

6. Descripción del proceso hidrometalúrgico……..68

7.Descripción del proceso pirometalúrgico……..84

8.Procesos productivos en una planta de procesamiento de mineral de cobre……116

9.Negocio minero como organización económica……123

MÓDULO: INTRODUCCIÓN A LA COORDINACION DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO……132

10.Plan de mantenimiento anual……132

11.Plan de producción de operaciones……139

12.Matriz de riesgo de Mantenimiento……141

13.Programa de recursos compartidos……147

MÓDULO: COORDINAR ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO……..152

14. Plan de mantenimiento anual……152

15.Matriz de riesgo de Mantenimiento……157

16.Revisión de un plan de recursos compartidos, para verificar disponibilidad de equipos móviles……162

MÓDULO: INTRODUCCIÓNA LA PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO……..168

17.Reunión de pre programación……168

18. Herramientas ofimáticas……176

19.Matriz de competencias……182

20.Matriz de riesgo de mantenimiento……189

MÓDULO: PROGRAMAR ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO……197

21.Reunión de pre programación……197

22.Metodología de desarrollo de informes técnicos……202

23.Matriz de competencias y listado de equipos críticos……206

Fuentes referenciales……210

Descripción del documento

El Cuaderno del instructor contiene la totalidad de los contenidos a utilizar por el instructor para el desarrollo del programa de formación de ***Gestión de Mantenimiento y Equipos de Trabajo Mecánico,*** **nivel 5 del MCM.**

El documento está dividido en módulos, los cuales están organizados en secciones de temas y contenidos específicos.

El instructor, podrá, además, sugerir actividades como las que se listan a continuación:

- Charlas y/o reflexiones de seguridad.
- Discusiones o foros de debate.
- Reforzamientos.
- Actividades en terreno.
- Preparación para la evaluación final

Específicamente para las actividades relacionadas a tecnologías de comunicación audiovisual se entregarán links a modo referencial, sin embargo el instructor tendrá la libertad de utilizar los recursos que estime conveniente a fin de lograr los requerimientos de la actividad.

Todo el material es susceptible de ser mejorado, adaptado o modificado en función de las características del grupo con el que se trabaje. Por ello se ha diseñado desde un enfoque flexible, que permite al instructor agregar recursos que enriquezcan algún contenido o posibilitar el aporte de los participantes, cuidando siempre de lograr los aprendizajes esperados de cada módulo.

Respecto a las evaluaciones se sugiere que éstas sean elaboradas por el instructor de acuerdo a los siguientes lineamientos

La evaluación de los módulos y sus contenidos debe estar compuesta por a lo menos 10 preguntas, las cuales deben ser extraídas del doc. de evaluación de proceso".

Cada pregunta será evaluada con puntajes entre 0 y 10. La escala de calificación será de 0 a 100%. Considerando el 0% cuando el participante no tiene respuestas correctas y el 100% cuando posee la totalidad de respuestas buenas.

La nota de aprobación de las evaluaciones de los distintos módulos corresponderá a un 75%.

MÓDULO:

INTRODUCCIÓN A LA CADENA DE VALOR DE LA MINERÍA DEL COBRE Y SUS PROCESOS

MÓDULO: INTRODUCCIÓN A LA CADENA DE VALOR DE LA MINERÍA DEL COBRE 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	CADENA DE VALOR	MODELO DE 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 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.	Es la combinación de cosas y experiencias que crean en el cliente una percepción del valor total recibido por la empresa.

1.1 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.

1.2 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):

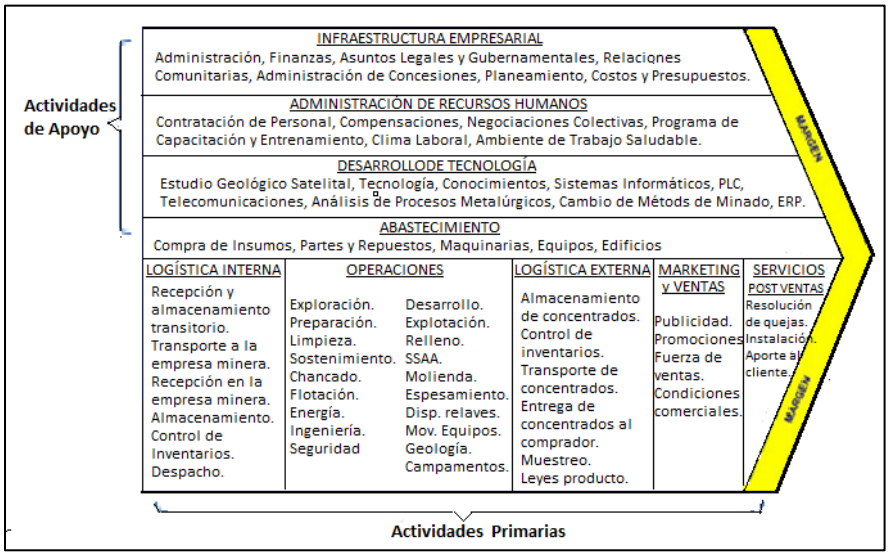


Figura 1. Esquema de los componentes de la cadena del valor del negocio minero

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.

Identificación de las actividades de valor del negocio

La identificación de las actividades de valor requiere el aislamiento de las actividades que son tecnológica y estratégicamente distintas. Las actividades de valor se dividen en dos grupos

Actividades Primarias

Estas actividades primarias se refieren a la creación física del producto, diseño, fabricación, venta, servicio postventa. Hay cinco categorías genéricas de actividades primarias relacionadas con la competencia en cualquier empresa. Cada categoría es divisible en varias actividades distintas que dependen del sector industrial en particular y de la estrategia de la empresa.

a) Logística interna (de entrada)

Las actividades relacionadas con la recepción, almacenamiento y distribución de insumos necesarios para fabricar el producto, como manejo de materiales, almacenamiento, control de inventarios, programación de vehículos, etc.

b) Operaciones

Actividades relacionadas con la transformación de insumos en la forma final del producto, como perforación, tronadora, carguío y transporte, chancado, molienda, flotación, espesamiento, filtrado, etc.

c) Logística externa (de salida)

Actividades relacionadas con la recopilación, almacenamiento y distribución física del producto terminado a los clientes, como bodegas, manejo de materiales, operación de vehículos de entrega, procesamiento de pedidos y programación de estos, etc.

d) Marketing y ventas

Actividades relacionadas con el acto de dar a conocer, promocionar, vender y proporcionar un medio por el cual los clientes puedan comprar el producto.

e) Servicio post ventas

Actividades relacionadas con la prestación de servicios complementarios para realizar o mantener el valor del producto, como la instalación, reparación, entrenamiento, repuestos y ajuste del producto.

Cada una de las categorías puede ser vital para la ventaja competitiva, dependiendo del sector industrial. Para un distribuidor, la logística interna y externa son lo más crítico. Para una empresa que proporciona el servicio en sus instalaciones, como un restaurante o un minorista, la logística externa puede casi no existir y pasa a ser las operaciones la categoría vital. Sin embargo, en

cualquier empresa todas las categorías de las actividades primarias estarán presentes hasta cierto grado y jugarán algún papel en la ventaja competitiva.

Actividades de apoyo

Las actividades de valor de apoyo implicadas en la competencia en cualquier sector industrial pueden dividirse en cuatro categorías genéricas.

Como con las actividades primarias, cada categoría de actividades de apoyo es divisible en varias actividades de valor distintas que son específicas para un sector industrial dado. En el desarrollo tecnológico, por ejemplo, las actividades discretas podrían incluir el diseño de componentes, diseño de características, pruebas de campo, ingeniería de proceso y selección tecnológica.

Similarmente, el abastecimiento puede estar dividido en actividades como la calificación de nuevos proveedores, abastecimiento de diferentes grupos de insumos comprados y un monitoreo continuo del desempeño de los proveedores.

a) Abastecimiento (compras)

El abastecimiento se refiere a *la función* de comprar insumos que serán usados en las actividades o cadena de valor de la empresa. Los insumos comprados incluyen materias primas, provisiones y otros artículos de consumo, así como los activos como maquinaria, equipo de laboratorio, equipo de oficina y edificios. Aunque los insumos comprados se asocian comúnmente con las actividades primarias, están presentes en cada actividad de valor, incluyendo las actividades de apoyo. Por ejemplo, los materiales de laboratorio y los servicios independientes de pruebas son insumos comúnmente comprados en el desarrollo de tecnología. Como todas las actividades de valor, el abastecimiento emplea una "tecnología", como los procedimientos para tratar con los vendedores, reglas de calificación, y sistemas de información.

El abastecimiento tiende a esparcirse en toda la empresa. Algunos artículos, como la materia prima, se compran por el tradicional departamento de compras, mientras que otros artículos son comprados por los gerentes de planta (ej. máquinas). Una actividad de abastecimiento dada puede asociarse normalmente con una actividad de valor específica o con las actividades que apoya, aunque con frecuencia el departamento de compras sirve a muchas actividades de valor y las políticas de compras se aplican en toda la empresa.

b) Desarrollo de tecnología

Cada actividad de valor representa tecnología, o sea conocimientos, procedimientos, o la tecnología dentro del equipo de proceso. El conjunto de tecnologías empleadas por la mayoría de las empresas es muy amplio, abarca desde el uso de aquellas tecnologías para preparar documentos y transportar bienes, a aquellas tecnologías representadas en el producto mismo. Además, la mayoría de las actividades de valor usan una tecnología que combina varias sub-tecnologías diferentes que implican diversas disciplinas científicas. La flotación, por ejemplo,

implica metalurgia, electrónica y mecánica. El desarrollo de la tecnología consiste en un rango de actividades que pueden ser agrupadas de manera general en esfuerzos por mejorar el producto y el proceso. El desarrollo de tecnología tiende a estar asociado con el departamento de ingeniería o con el grupo de desarrollo. Sin embargo, ocurre clásicamente en muchas partes de una empresa, aunque no se reconozca explícitamente. El desarrollo de tecnología es importante para la ventaja competitiva en todos los sectores industriales, siendo la clave en algunas. En el cobre, por ejemplo, la tecnología del proceso de la empresa es el factor único más importante en la ventaja competitiva.

c) Administración de recursos humanos

La administración de recursos humanos consiste de las actividades implicadas en la búsqueda, contratación, entrenamiento, desarrollo y compensaciones de todos los tipos de personal. Respalda tanto a las actividades primarias como a las de apoyo (ej. contratación de ingenieros) y a la cadena de valor completa (ej. negociaciones laborales.)

Las actividades de administración de recursos humanos ocurren en diferentes partes de una empresa, como sucede con otras actividades de apoyo. La administración de recursos humanos afecta la ventaja competitiva en cualquier empresa, a través de su papel en determinar las habilidades y motivación de los empleados y el costo de contratar y entrenar. En algunos sectores industriales sostiene la clave de la ventaja competitiva.

d) Infraestructura de la empresa

La infraestructura de la empresa consiste de varias actividades, incluyendo la administración general, planificación, finanzas, contabilidad, asuntos legales gubernamentales y administración de calidad. La infraestructura, a diferencia de las otras actividades de apoyo, normalmente apoya a la cadena completa y no a actividades individuales.

La filosofía de la cadena de valor permite examinar en forma sistemática todas las actividades y procesos que una empresa desempeña y cómo interactúan para conocer las fuentes de ventaja competitiva con las que cuenta.

Cadena de valor

La cadena de valor de una empresa se debe enlazar con las cadenas de valor de sus proveedores, distribuidores y clientes. Una red de valor consiste en sistemas de información que mejoran la competitividad en toda la industria promoviendo el uso de estándares y al dar a las empresas la oportunidad de trabajar de manera más eficiente con sus socios de valor.

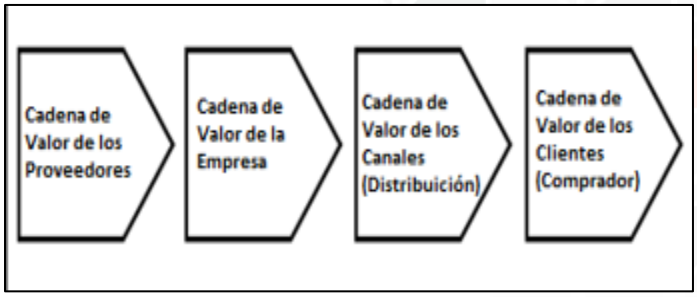


Figura 2. Sistema de valor

Los proveedores tienen cadenas de valor que crean y entregan los insumos comprados en la cadena de una empresa. Los proveedores no sólo entregan un producto, sino que también puede influir el desempeño de la empresa de muchas otras maneras. Además, muchos productos pasan a través de los canales de las cadenas de valor en su camino hacia el comprador (distribuidor), así como influye en las propias actividades de la empresa.

El producto de una empresa eventualmente llega a ser parte de la cadena de valor del comprador (cliente). La base última para la diferenciación es una empresa y el papel de sus productos en la cadena de valor del comprador, que determina las necesidades del cliente. El obtener y mantener la ventaja competitiva depende de no solo comprender la cadena de valor de una empresa, sino cómo encaja la empresa en el sistema de valor general.

1.3 Modelo de valor total

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

No podemos hablar de calidad, sin pensar en un modelo de valor, donde el producto y sus circunstancias son cosas inseparables. El desafío es superar la brecha que existe, entre lo que valora la empresa, (personal, proveedores, vendedores, etc.) y lo que el cliente aprecia, adaptando a sus expectativas nuestro concepto de valor total.

Resulta arrogante creer, que podemos saber perfectamente lo que el cliente valora sin preguntárselo. Conocer al cliente es la manera de empezar cualquier proceso que tenga como meta satisfacerlo, porque es mucho más rápido y económico consultarlo, que experimentar por el método de prueba y error.

El silencio del cliente no debe ser tomado como un síntoma de satisfacción, porque 96% de los clientes insatisfechos no se quejan, aunque transmitirán su frustración a 11 personas aproximadamente. En cambio, aquellos que estén satisfechos lo dirán a lo sumo a 3 personas.

Al margen del valor que nosotros le adjudiquemos a lo que entregamos; el cliente es quien tiene el voto final y vota con su dinero.

1.4 Escala de valor del cliente

Podemos hablar de cuatro niveles que representan el efecto que lo recibido produce en el cliente.

Básico

Son los atributos mínimos, sin ellos no tiene sentido alguno entrar en competencia. Sin embargo, existen empresas en este nivel cuando gozan de privilegios y se forma un monopolio u oligopolio.

Esperado

Son los atributos que los clientes están seguros de recibir.

Deseado

Son los atributos que el cliente no necesariamente espera, pero conoce y aprecia.

Imprevisto

Son los atributos excepcionales que agregan valor sorpresa para el cliente, una vez que el cliente los conozca, se convertirán en deseados. Es en este nivel es donde comienza la excelencia.

1.5 Plan de acción básico para la creación de valor

La creación de valor dentro de la cada de valor puede lograrse por medio de la creación de un margen hacia el cliente interno, o sea generando valor al trabajo que se realiza diariamente, hacia el cliente que se encuentra dentro de la empresa. (Figura 3)

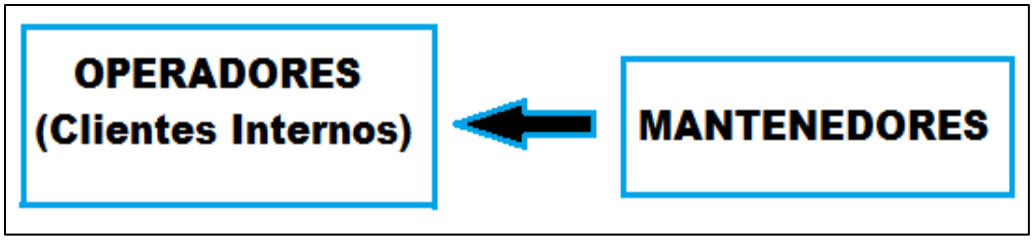


Figura 3. Ciclo de acción de creación de valor

Definir nuestro modelo de valor puede transformarse en un debate entre lugares comunes y divagaciones cósmicas. Para evitarlo podemos concentrarnos en estos cuatro pasos:

- Investigar los atributos valorados por el cliente

- Determinar el peso individual que el cliente le da a esos atributos
- Comparar nuestra posición con la de nuestros competidores en dichos atributos
- Proponer nuestro propio modelo para superar la propuesta de valor de la competencia

Para diseñar modelos de valor, es necesario reunirse en grupos y deben hacerse preguntas como:

- ¿Qué cosas de las que hago son valoradas por el cliente? (Sumar valor)
- ¿Qué cosas que el cliente no valora puedo suprimir? (Bajar costos)
- ¿Qué podemos hacer para agregar valor para el cliente en nuestra actividad? (Definir objetivos)
- ¿Cómo lo voy a medir? (Establecer metas y parámetros)
- ¿Por cuál empezamos? (Ordenar las prioridades).

1.6 La calidad

La calidad significa aportar valor al cliente, esto es, ofrecer condiciones de uso del producto o servicio superiores a las que el cliente espera recibir y a un precio accesible. También, la calidad se refiere a minimizar las pérdidas que un producto pueda causar a la empresa, mostrando cierto interés por parte de la empresa a mantener la satisfacción del cliente.
Todas las organizaciones a nivel mundial están certificando la norma ISO 9001 de Gestión de Calidad, la cual está diseñada para organizaciones de cualquier tamaño y sector.
La norma ISO 9001 es la base del sistema de gestión de la calidad, ya que es una norma internacional y que se centra en todos los elementos de administración de calidad con los que una empresa debe contar para tener un sistema efectivo que le permita administrar y mejorar la calidad de sus productos o servicios.
Un sistema de Gestión de Calidad ISO 9001:2008 ayuda a controlar y gestionar de forma continua la calidad en todas sus operaciones. Como es la norma de Gestión de Calidad más reconocida en todo el mundo, establece los métodos para obtener un desempeño y servicio constantes, al tiempo que sirve como índice de referencia. Con la norma ISO 9001 se puede establecer procesos que permiten mejorar el modo en que trabaja la empresa a todos los niveles. Los clientes se inclinan por los proveedores que cuentan con esta acreditación porque de este modo se aseguran de que la empresa seleccionada disponga de un buen sistema de gestión de calidad (SGC).Al mejorar los sistemas de gestión de calidad, la empresa podrá aumentar positivamente su rentabilidad y si la empresa demuestra que está realmente comprometido con la calidad de los productos y servicios, podrá transformar su cultura empresarial, ya que como resultado, los trabajadores entenderán la necesidad de mejorar continuamente.

La norma ISO 9001:2008 se basa en ocho principios de gestión de calidad:

- Enfoque al cliente
- Liderazgo
- Participación del personal
- Enfoque basado en procesos
- Enfoque de sistema para la gestión
- Mejora continua

- Enfoque basado en hechos para la toma de decisión.
- Relaciones mutuamente beneficiosas con el proveedor

Algunas de las ventajas al estar certificado con la norma ISO 9001 de Gestión de Calidad son:

- Permite a la empresa convertirse en un competidor más constante en el mercado.
- Una mejor Gestión de la Calidad le ayuda a satisfacer las necesidades de los clientes.
- Los métodos más eficaces de trabajo le ahorran tiempo, dinero y recursos.
- Un mejor desempeño operativo reduce errores y aumenta los beneficios.
- Motiva y aumenta el nivel de compromiso del personal con procesos internos más eficientes.
- Consigue clientes de más valor con un mejor servicio de atención al cliente.
- Amplía las oportunidades de negocio demostrando conformidad con las normas.

La certificación de la norma ISO 9001:2008 permite demostrar alto nivel de calidad de servicio, además, un certificado ISO 9001 válido demuestra que la empresa sigue los principios de gestión de calidad internacionalmente reconocidos.

Repaso de Conceptos Claves

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

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**
  Los participantes guiados por el instructor de manera individual o de forma grupal deberán definir las actividades y componentes de lacadena de valor típica, ylos lazos que unen las diferentes actividades que forman la cadena de valor entre la organización y los demás actores, mejorando la competividad, lo que permite trabajar de manera más eficiente con sus socios de valor.

- **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	✓
Taller de trabajo	✓
Otros (especificar)	

1. **Objetivo**

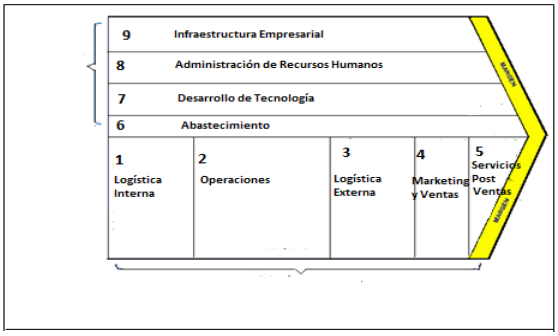
   - Identificar los conceptos de los elementos básicos de la cadena de valor del negocio, relacionando los elementos de valor del negocio en la minería.
   - Definir los lazos que unen las diferentes que unen las diferentes actividades que forman la cadena de valor.

2. **Materiales y recursos**

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

3. Descripción de la Actividad N° 1

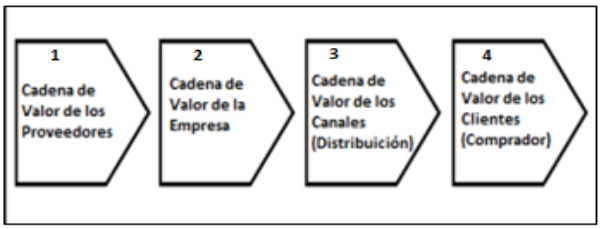
Etapa	Especificaciones
Inicio	El instructor deberá guiar a los participantes, entregando instrucciones claras sobre cómo proceder en la actividad, respondiendo y aclarando cualquier duda sobre la actividad a desarrollar.
Desarrollo de la actividad	El participante deberá identificar cuáles son Actividades Primarias y cuáles son Actividades de Apoyo



El participante deberá definir las actividades primarias y de apoyo en la siguiente tabla:

Nombre de la Actividad de la Cadena de Valor	Definición de la Actividad
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	

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



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**
1	
2	
3	
4	

Duración de la actividad	60 minutos.

4. Cierre de la Actividad

El instructor refuerza los conceptos y habilidades aprendidas, y comenta lo resultados de las actividades desarrolladas, explicando la importancia de entenderlas 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.

Conceptos Claves

DESARROLLO SUSTENTABLE	DESARROLLO SUSTENTABLE DEL NEGOCIO MINERO	DIMENSIONES DEL DESARROLLO SUSTENTABLE
Desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer las capacidades que tienen las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades (Naciones Unidas, 1983).	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.	El desarrollo sustentable implica avanzar simultáneamente en cinco dimensiones: - Económica. - Humana. - Ambiental. - Institucional. - Tecnológica.

Introducción

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.

2.1. 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).

2.2. 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

La actividad económica bajo la perspectiva de la sustentabilidad no puede seguir funcionando bajo el lema de "pase lo que pase, el negocio continúa". Se debe avanzar para cambiar el paradigma de "el que contamina paga" al de "lo que paga es prevenir la contaminación". El mercado puede aprovechar a su favor y en favor del desarrollo sustentable las oportunidades que supone la aplicación de regulaciones ambientales nacionales e internacionales, la puesta en marcha de procesos de producción más limpia y eficiente y la agregación de valor a las materias primas. En un esquema de sustentabilidad lo que cuenta no es el crecimiento de la producción sino la calidad de los servicios que se prestan.

Dimensión humana

El desarrollo sustentable se orienta a una mejor calidad de vida (superar la pobreza, satisfacer las necesidades básicas humanas e igualar los ingresos), reasignando los recursos económicos para atender estas necesidades. La reducción de la pobreza necesitará un crecimiento económico considerable, a la vez que desarrollo, pero las limitaciones ecológicas son reales y este mayor

crecimiento de los pobres tiene que compensarse con una estabilización de la producción para los ricos. Asimismo, es de máxima importancia lograr la estabilidad demográfica, detener el sobreconsumo, y avanzar hacia la formación del capital humano y social.

Dimensión ambiental

No es posible concebir el desarrollo ni la vida humana sin el sustento de la naturaleza. Los modelos de desarrollo están inevitablemente vinculados a lo ecológico y ambiental. En un modelo sustentable la utilización de los recursos naturales y energéticos se limita a la capacidad de regeneración de éstos y la generación de los residuos a la capacidad de asimilación del ecosistema.

Dimensión institucional

Un escaso nivel de representatividad de la población en las iniciativas y la acción del Estado, así como un excesivo centralismo son claramente insustentables. La sustentabilidad implica realizar progresos significativos en la descentralización política administrativa de las decisiones, para estimular nuevas formas de organización y participación ciudadana.

Dimensión tecnológica

Se requiere una aceleración de la innovación y el desarrollo tecnológicos para reducir el contenido en recursos naturales de determinadas actividades económicas, así como para mejorar la calidad de la producción. La dimensión tecnológica implica la búsqueda y cambio hacia tecnologías más eficientes en el caso de los países industrializados y el desarrollo de tecnologías más eficientes y limpias en países en vías de rápida industrialización. En los países en desarrollo con economías basadas en la agricultura, es necesario desarrollar tecnologías apropiadas y de pequeña escala para el incremento de la productividad agrícola.

Repaso de Conceptos Claves

DESARROLLO SUSTENTABLE	DESARROLLO SUSTENTABLE DEL NEGOCIO MINERO	DIMENSIONES DEL DESARROLLO SUSTENTABLE
Desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer las capacidades que tienen las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades (Naciones Unidas, 1983).	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.	El desarrollo sustentable implica avanzar simultáneamente en cinco dimensiones: - Económica. - Humana. - Ambiental. - Institucional. - Tecnológica.

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

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

- **Estrategia Metodológica**
  Los participantes guiados por el instructor de manera individual o de forma grupal deberán definir qué entiende por desarrollo sustentable, definiendo además las dimensiones del desarrollo sustentable, que son 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.

- **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	✓
Taller de trabajo	✓
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 N° 2**

<table>
<tr><th>Etapa</th><th>Especificaciones</th></tr>
<tr><td>Inicio</td><td>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.</td></tr>
<tr><td>Desarrollo de la actividad</td><td>El alumno deberá definir Desarrollo Sustentable en la siguiente tabla:
<table>
<tr><td>Definición de Desarrollo Sustentable</td><td></td></tr>
</table>
El participante deberá definir las dimensiones del desarrollo sustentable en la siguiente tabla:
<table>
<tr><th>Nombre de la dimensión</th><th>Definición de la dimensión</th></tr>
<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>
</table></td></tr>
<tr><td>Duración de la actividad</td><td>60 minutos.</td></tr>
</table>

4. Cierre de la Actividad

El instructor refuerza los conceptos y habilidades aprendidas, y comenta lo 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.

Conceptos Claves

PLANIFICACIÓN DEL NEGOCIO MINERO	MUESTREO	INCERTIDUMBRE
Es una herramienta para tomar decisiones , estableciendo modelos básicos necesarios para su desarrollo. Esta planificación tiene 3 modelos: -Geológicos, estimación de recursos y geometalúrgico.	Es una operación fundamental y necesaria para el éxito del negocio minero, mediante el cual se obtienen datos, que una vez analizados, entregan la información destinada a la toma de decisiones para cada una de las etapas de la cadena de valor del negocio minero.	Es el grado de incerteza que acompaña a la toma de decisiones debido a que el conocimiento es incompleto, y hace mas difícil y de mayor riesgo la decisión.

Introducción

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:

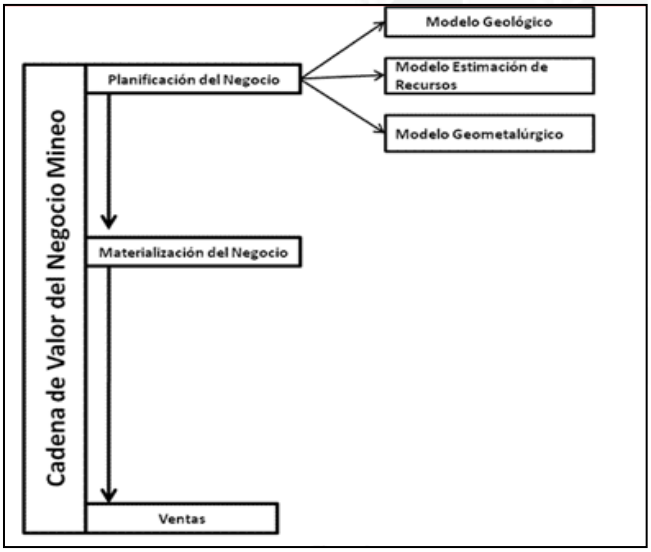


Figura 4. Planificación del negocio minero

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.

3.1. 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).

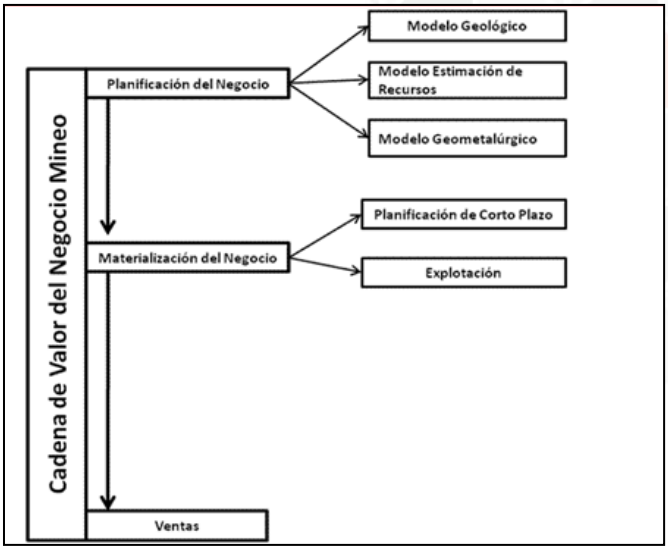


Figura 5. Materialización del negocio

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

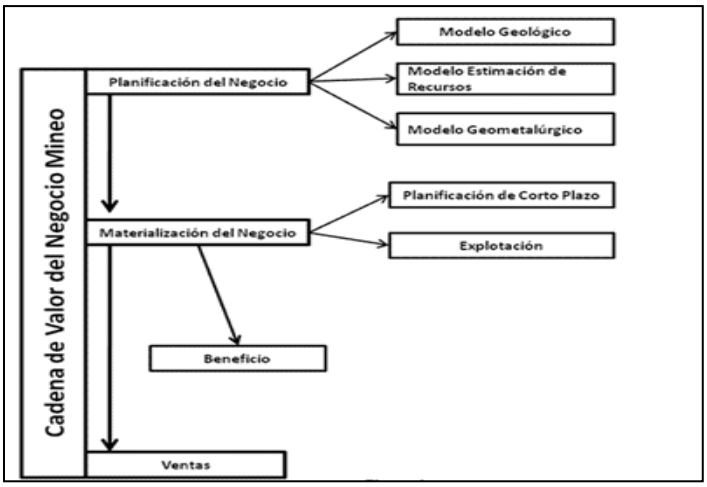


Figura 6. Beneficio del mineral

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).

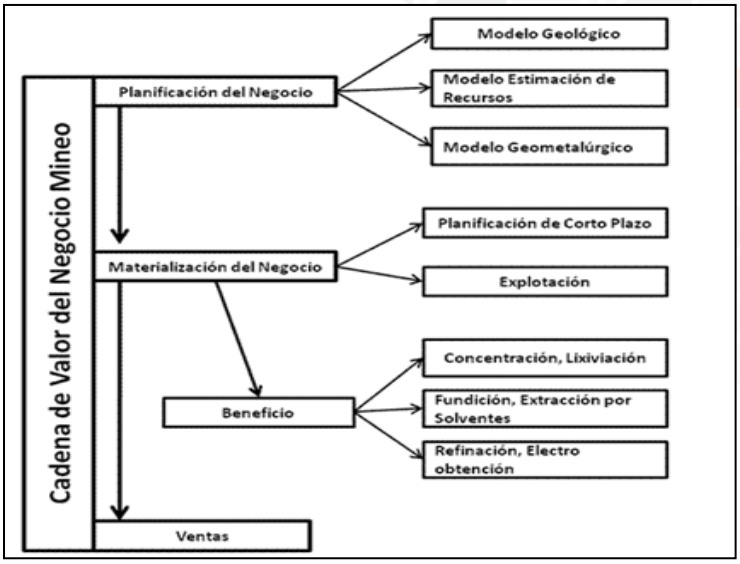


Figura 7. Etapas del beneficio de mineral

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).

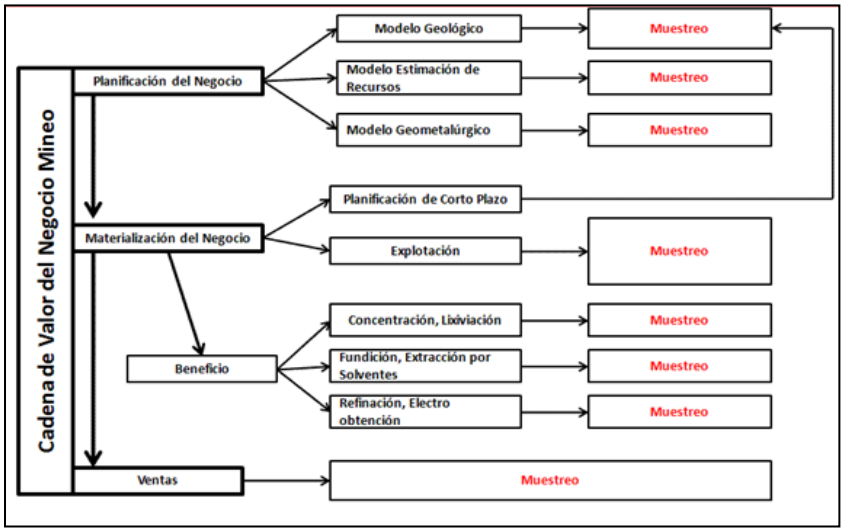


Figura 8. Éxito del negocio minero

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. Las definiciones de lo que es incertidumbre y certidumbre es:

a) Incertidumbre: grado de incerteza que acompaña a la toma de decisiones debido a que el conocimiento es incompleto, y hace más difícil y de mayor riesgo la decisión. La incertidumbre se deriva fundamentalmente de información incompleta, fuentes poco confiables y hechos imprecisos, vagos o difusos.

b) Certidumbre: condición que predomina cuando se está plenamente informado acerca de un problema, se conocen soluciones alternativas y se sabe cuáles serán los resultados de cada solución. Esto significa que se conoce a fondo el problema y las soluciones alternativas lo cual facilita la toma de decisiones en el momento oportuno.

Obviamente la condición de certidumbre es muy difícil de que se dé en el trabajo de la minería, de ahí la importancia de disminuir el grado de incerteza por medio de la obtención de la mayor cantidad de información posible a través de muestreos de distintos tipos y clases y el análisis de los datos así obtenidos.

En la figura 9, observamos en los Modelos Geológico y Estimación de Recursos, las muestras de Sondajes, Canaletas y Pozos de Tiro. Estas muestras están destinadas a las Planificaciones Mineras de Largo Plazo y Mediano Plazo y son fundamentales. La Planificación de Largo Plazo se define en función de la estrategia de la empresa. Se realiza un modelo con la vida aproximada de la mina e implica una gran incertidumbre. Se definen reservas mineras, ley de corte, vida útil, explotación de la mina, inversiones relacionadas con la capacidad de la mina.

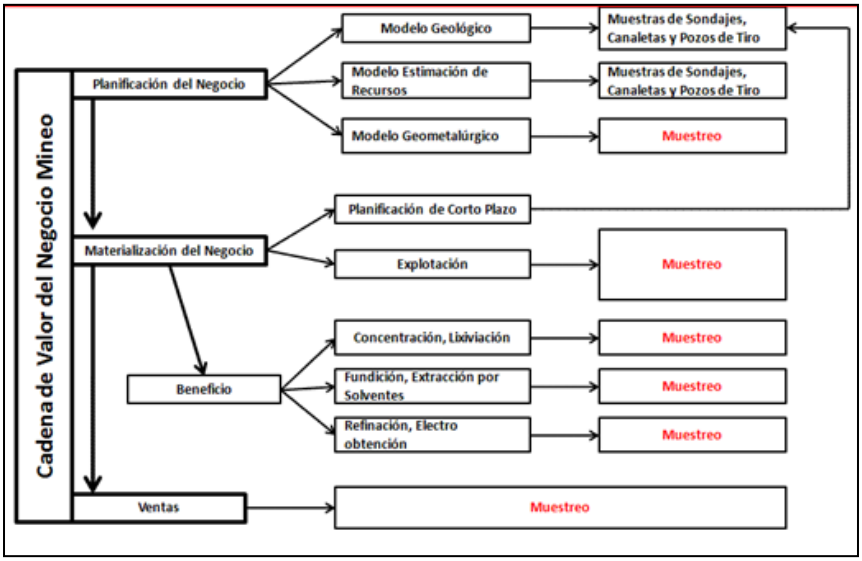


Figura 9. Muestreo de modelo geológico y modelo estimación de recursos

La planificación minera de Largo Plazo se complementa con el modelo geo metalúrgico en el cual se toman muestras especiales para determinar el tamaño de la planta y los equipos requeridos para su operación (figura 10).

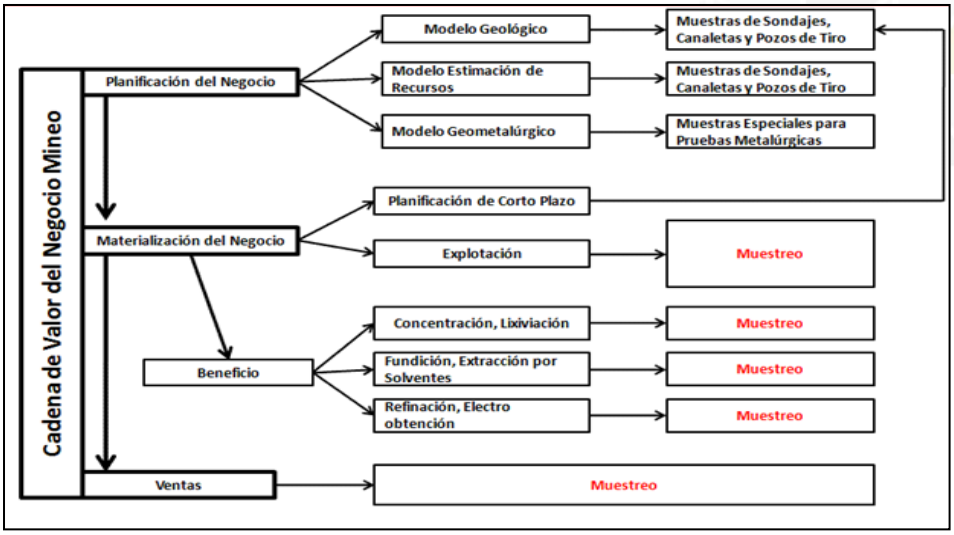


Figura 10. Planificación minera largo plazo

El Plan Minero de Mediano Plazo, de menor incertidumbre que el Plan de Largo Plazo, debe efectuar una conciliación con la información del Plan de Corto Plazo con las metas establecidas en el Plan de Largo Plazo. En este plan se deben definir el detalle de los equipos y a la explotación año a año y mes a mes.

En el Plan Minero de Corto Plazo se analizan la extracción de maneras diaria, semanal y mensual. Se ve lo que está ocurriendo en la operación de la mina y se administra el mineral que va a la planta. Esto, por supuesto, significa variabilidad en las características del mineral que va a la planta. (Leyes, mineralogía, dureza, granulometría, humedad, etc.)

El comportamiento de la incertidumbre, como vemos en la figura 11, disminuye en la medida que la información aumenta:

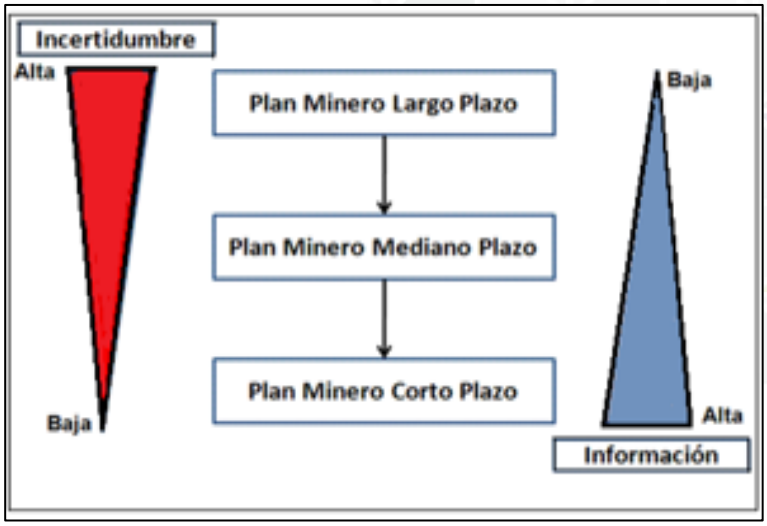


Figura 11. Comportamiento de la incertidumbre

La Materialización del Negocio Minero continúa con la Explotación. La información para la Explotación se obtiene a través de los datos y análisis de datos obtenidos de los muestreos de pozos de tiro, muestras de puntos de extracción y el muestreo de material particulado, indicado en la figura 12.

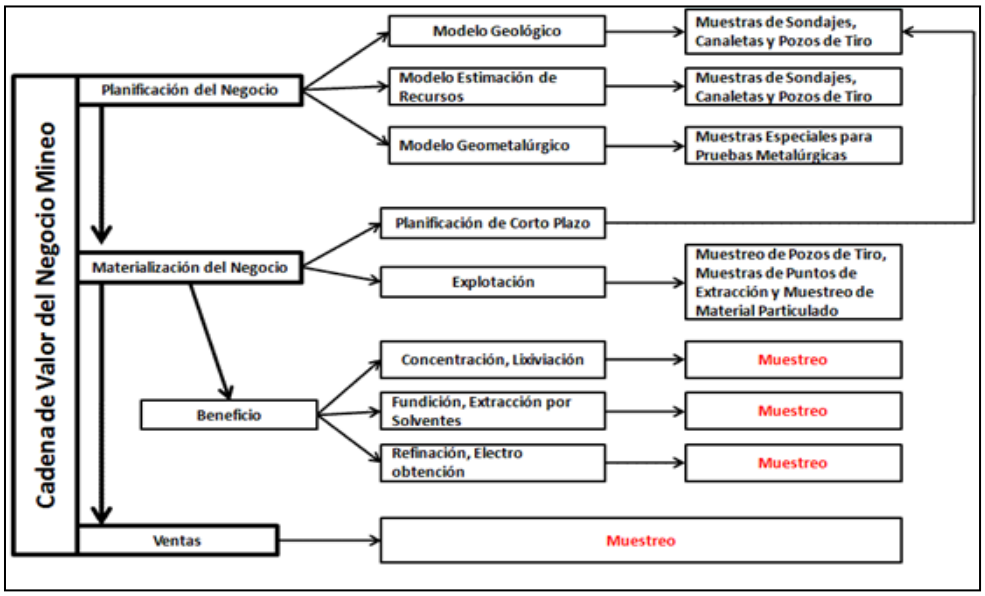


Figura 12. Explotación de mineral

La información para las operaciones que involucran el beneficio del mineral se obtiene de los datos generados por los distintos muestreos a realizar, dependiendo el tipo de operación que se deba efectuar (figura 13).

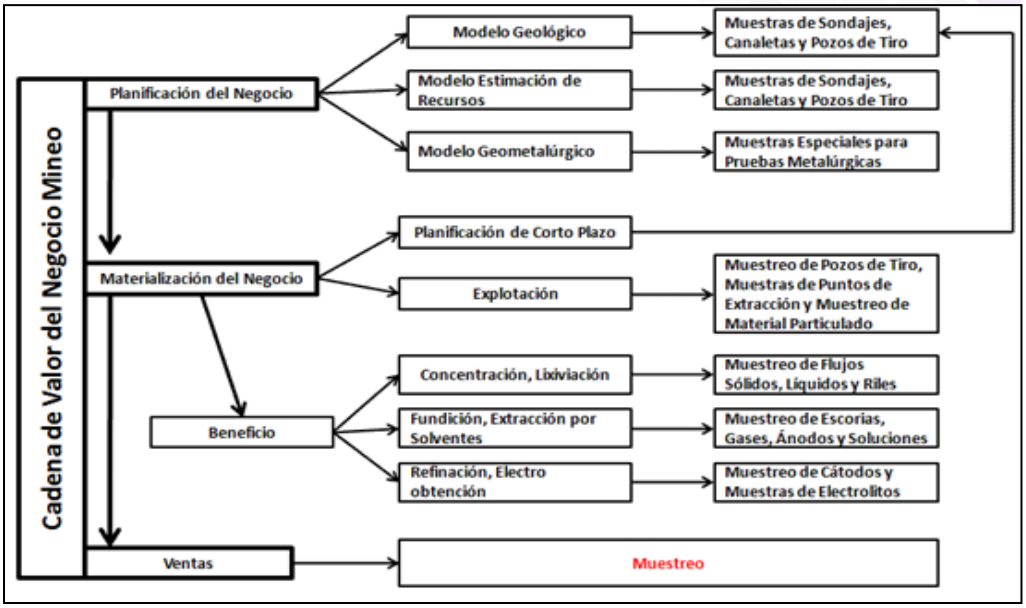


Figura 13. Operaciones unitarias del proceso

La calidad de las muestras extraídas, la generación de los datos y sus análisis son fundamentales en el éxito del negocio minero. Hemos visto que las muestras de sondajes, canaletas y pozos de tiro se usan en las Planificaciones de Largo Plazo, Mediano Plazo y Corto Plazo. Estas muestras son tan importantes que en muchas empresas los Departamentos de Geología usan Materiales de Referencia para asegurarse que los resultados que los laboratorios les informan de sus muestras geológicas son el fiel reflejo del contenido real de dichas muestras, ejemplo leyes, granulometría, etc.

Los materiales de referencia son muestras cuyo contenido se conoce. En el conjunto de las muestras enviadas a los laboratorios, para ser analizadas ya sea desde el punto de vista de sus características químicas o físicas, se introduce una de estas muestras y si el resultado del análisis efectuado no corresponde al de esta muestra en particular, los informes de las determinaciones realizadas al resto de las muestras quedan en duda. En estos casos se debe pedir a los laboratorios que corresponda, la revisión de sus procedimientos con objeto de asegurar la calidad de la información, que como hemos dicho, es fundamental para el éxito del negocio minero.

Las muestras de pozos de tiro, de los puntos de extracción del mineral y de material particulado están relacionadas con la explotación diaria de la mina y el envío de mineral a las plantas para su procesamiento.

¿Son importantes para el éxito del negocio minero las muestras de flujos sólidos y líquidos?

Veamos algunos ejemplos de la información que se puede obtener de ellas y sus consecuencias:

Muestras de flujos sólidos: generalmente corresponden a operaciones de plantas de chancado. Estas muestras normalmente son usadas para determinar tanto la granulometría y humedad del mineral que entra y sale de la planta.

El muestreo de los cátodos: entrega información con respecto al proceso de fabricación, su calidad y cumplimiento de las bases establecidas en los contratos con los distintos clientes.

3.2. Ventas

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

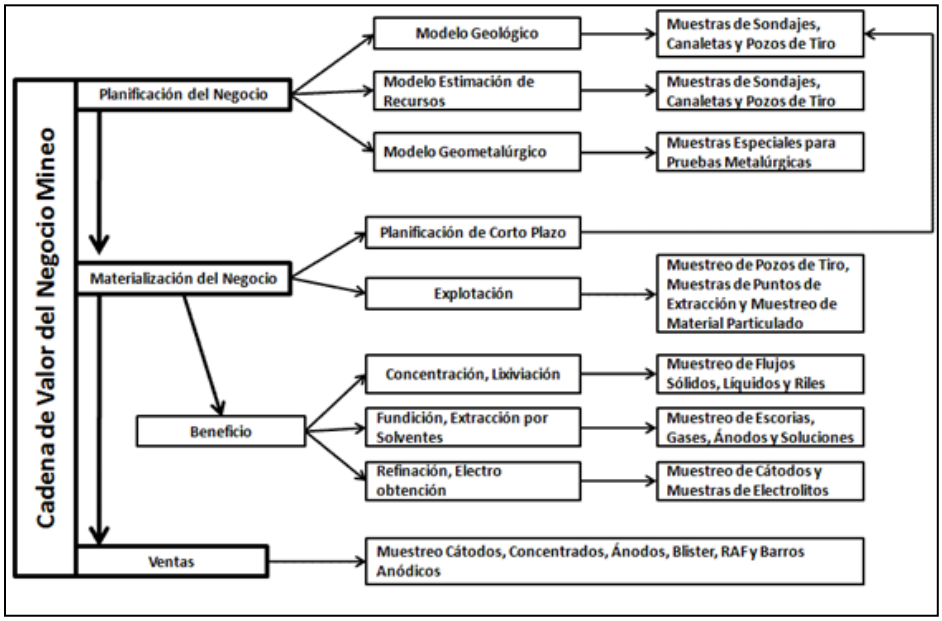


Figura 14. Venta de productos finales

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 blíster, asumiendo la pérdida respectiva por la diferencia de precio de venta).

Repaso de Conceptos Claves

PLANIFICACIÓN DEL NEGOCIO MINERO	MUESTREO	INCERTIDUMBRE
Es una herramienta para tomar decisiones estableciendo modelos básicos necesarios para su desarrollo. Esta planificación tiene 3 modelos: - Geológicos, estimación de recursos y geometalúrgico	Es una operación fundamental y necesaria para el éxito del negocio minero, mediante el cual se obtienen datos, que una vez analizados, entregan la información destinada a la toma de decisiones para cada una de las etapas de la cadena de valor del negocio minero.	Es el grado de incerteza que acompaña a la toma de decisiones debido a que el conocimiento es incompleto, y hace mas difícil y de mayor riesgo la decisión.

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

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

- **Estrategia Metodológica**
  Los participantes guiados por el instructor de manera individual o de forma grupal deberán definir qué entiende por las diferentes etapas que se aplican en un modelo de planificación del negocio minero y además deberán definir las subetapas cruciales para el desarrollo de la cadena del negocio minero, con ejemplo de muestreo en cada etapa.

- **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	✓
Taller de trabajo	✓
Otros (especificar)	

1. **Objetivo**

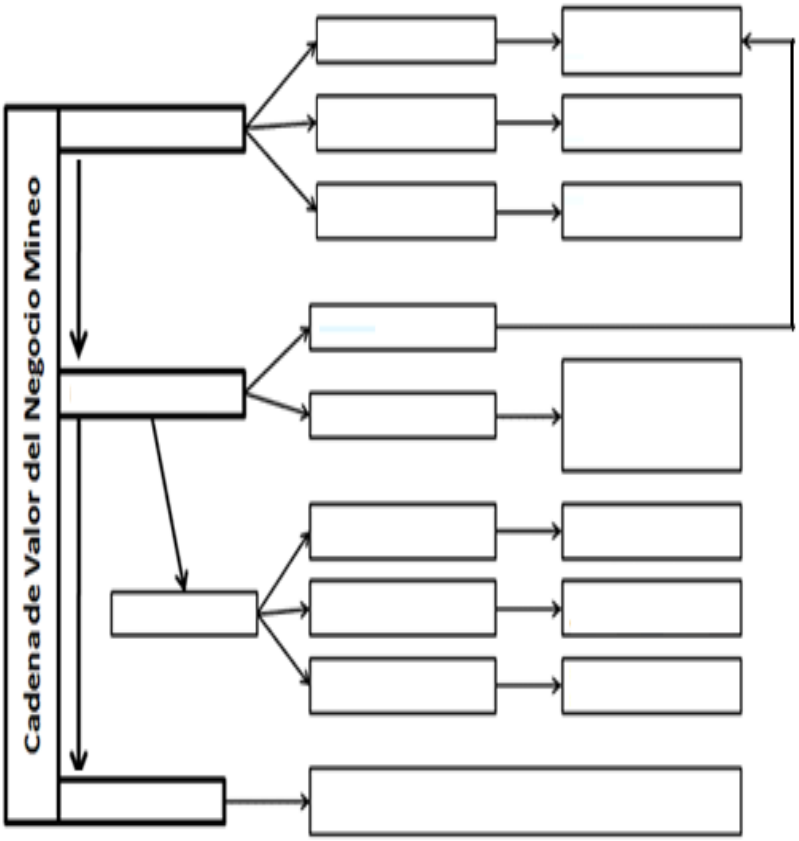
   - Identificar conceptos de las etapas y sub etapas aplicados en un modelo de planificación del negocio minero, con las herramientas necesarias para completar la cadena de valor del negocio minero.

2. **Materiales y recursos**

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

3. Descripción de la Actividad N° 3

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 alumno deberá completar el esquema de las etapas de la planificación del negocio minero.



El participante deberá definir lo requerido en la siguiente tabla:

	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 inutos.

4. Cierre de la Actividad

El instructor refuerza los conceptos y habilidades aprendidas, y comenta lo 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	OBJETIVO DEL PROCESO MINA	CIERRE DE MINAS
El proceso mina se desarrolla en 4 fases: 1. Perforación. 2. Tronadura. 3. Extracción y carguío. 4. Transporte.	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.	Es definido como la conversión ordenada, segura y ambientalmente responsable de una mina operativa a un estado cerrado.

Introducción

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

Figura 15. Fases del proceso de la mina

4.1. Fases del proceso mina

Perforación:

El objetivo es hacer una cavidad definida dentro de la roca que será removida, para luego colocar el explosivo que más tarde será detonado. Se utilizan máquinas perforadoras, cuyas características físicas dependen del macizo rocoso, del grado de fragmentación requerido en la explotación, de la altura del banco, de la configuración de las cargas y de todas las variables que puedan incidir en la economía del proceso. Las perforaciones pueden ser verticales o inclinadas.

Tronadura:

Es uno de los procesos de mayor relevancia en la extracción minera y consiste en la fragmentación de la roca, ya sea mineral o estéril, mediante el uso de explosivos. Se realiza de acuerdo a normas establecidas por ley, procedimientos operacionales y técnicas que permiten efectuar en forma segura y eficiente el proceso de reducción de tamaño, que a su vez deja el material suelto y fácilmente asequible para su carguío y traslado posterior hacia las instalaciones del proceso metalúrgico.
El producto obtenido es la roca mineralizada fragmentada de un tamaño suficientemente pequeño (en general menor que 1 m de diámetro) como para ser cargada y transportada por los equipos mineros y alimentar al chancador primario, en donde se inicia el proceso de reducción de tamaño en un sistema en línea hasta llegar a la planta de tratamiento.

Extracción y Carguío:

El material que ha sido tronado se encuentra ahora al pie del banco y se procede a cargar sobre camiones, mediante palas electromecánicas o hidráulicas, para ser evacuado de la mina. El material estéril se lleva a botaderos y el material útil al chancador primario, en camiones tolva de distintas capacidades, para dar inicio al proceso metalúrgico de extracción del cobre.

Transporte:

A raíz de la gran cantidad de material que se genera, el transporte de mineral al interior de una mina es de gran complejidad y es necesario optimizar esta operación. En la operación se busca mantener con el máximo de rendimiento a los equipos, palas y camiones, y para ello se dispone de sistemas de detección y de asignación de tareas con el fin de que no haya maquinarias desocupadas, como palas o camiones en filas de espera.

Para el transporte del material mineralizado y el material estéril, se utilizan camiones de gran tonelaje, por ejemplo 240 o 360 toneladas. Éstos transportan el material desde el frente de carguío a sus diferentes destinos: el mineral con ley al chancador primario, el material estéril a botaderos y el mineral de baja ley a botaderos especiales.

4.2. 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).

En la operación de una mina intervienen varios equipos cuyas acciones deben ser coordinadas para lograr una alta eficiencia y seguridad en la faena.

a) Geología, que son los que entregan información sobre las características físicas, químicas y mineralógicas del mineral a extraer.

b) Planificación, que son los que elaboran el plan minero, considerando geología, operación, mantención, costos, plazos, etc., que intervienen en él.

c) Operaciones, que son los que realizan las etapas del movimiento del mineral en la mina.

d) Mantención, son que deben velar por la disponibilidad electromecánica de todos los equipos utilizados en el movimiento del mineral en la mina (perforadoras, palas, camiones, equipos auxiliares, etc.).

e) Administración, son los que proporcionan el apoyo en el manejo de recursos humanos, adquisiciones. Además, participan estamentos asesores en materias de seguridad, medio ambiente y calidad.

4.3. Etapas del proceso Minero

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

Figura 16. 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

El objetivo de esta etapa es efectuar un reconocimiento general de un área extensa con el fin de identificar algunas características favorables que puedan indicar la presencia de un yacimiento.
El geólogo estudia diferentes antecedentes y aplica técnicas específicas (mapas geológicos, imágenes de satélite, geofísica, etc.) para seleccionar las áreas donde desarrollar la exploración básica.
Una vez identificada el área, el equipo se dirige a terreno para registrar las características de las rocas (presencia de minerales indicativos, ubicación, etc.), y para recoger muestras que permitirán determinar el contenido de los elementos interesantes en una explotación, tales como cobre, oro, hierro, molibdeno, etc.
Esta información es relevante para tomar la decisión de seguir adelante con la exploración o descartar el área y comenzar en otra.

Exploración intermedia

El objetivo de esta etapa es confirmar la existencia de mineralización en profundidad, de acuerdo con la información recogida en la etapa anterior.
Una vez localizada el área de interés, se realizan con mayor detalle trabajos geofísicos tales como magnetometría, gravimetría, resistividad, etc. y trabajos geoquímicos como la obtención y análisis químicos de muestras de superficie. Junto con estos análisis se interpretan las características que

interesan en diferentes mapas, lo que permite aumentar la precisión y reducir el radio de búsqueda del mineral.
La información recolectada permite diseñar la perforación de algunos sondajes exploratorios para extraer muestras de distintas profundidades y determinar la posible continuación de la mineralización bajo la superficie.
El resultado de esta etapa de exploración intermedia es la identificación de un posible yacimiento, ubicado en una superficie más o menos definida.

Exploración avanzada

Esta etapa busca determinar con mayor precisión la forma y extensión del yacimiento y la calidad del mineral encontrado, es decir, la ley de mineral que corresponde al contenido del o de los elementos de interés.
Las determinaciones de forma y ley de mineral se realizan mediante la perforación de más sondajes, distribuidos en una malla regular (cada 200 o 400 m, por ejemplo), los que atraviesan el mineral (zonas de óxidos y de sulfuros).
Mediante los sondajes se pueden reconocer características del yacimiento tales como tipos de mineral, leyes, alteración, estructuras, densidad, dureza, fracturamiento, etc.
Los resultados de las características del yacimiento, el tipo de mineral y la ley constituyen la primera información fundamental para el diseño de una futura explotación, ya que permiten estimar el comportamiento geotécnico y geometalúrgico, y el posible rendimiento económico del mineral.
La información obtenida permite hacer una estimación de los recursos de mineral contenidos en el cuerpo mineralizado, en miles o millones de toneladas. Esta información es analizada por los ingenieros de minas, quienes mediante metodologías especializadas determinan el sistema de explotación, realizan un diseño preliminar de la mina e instalaciones de planta y calculan las expectativas económicas y la vida útil de la futura operación.

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.

Además, los recursos requeridos para desarrollar un proyecto minero dependen de distintos factores:

• El tipo de mina (rajo abierto o subterránea).

• El tamaño de la mina (cuanto más grande el yacimiento, más alta la inversión).
• El trabajo y tiempo requeridos para recolectar información, completar los estudios ambientales y tramitar los permisos.
• La ubicación de la mina y condiciones de operación (distancia a vías de transporte, puertos, etc.).

Las fases del desarrollo de un proyecto minero son:

Planeamiento de mina (estudio de perfil). Es un diseño conceptual del proyecto, donde se describe sólo lo necesario para poder evaluar la factibilidad económica y así validar la oportunidad de negocio sobre la base de una evaluación técnico-económica.
Consiste en responder cómo se extraerá el material, el método (mina a rajo abierto o subterráneo), el porcentaje de recuperación del mineral, la definición de los procesos y equipos principales requeridos para la obtención del mineral.

Estudio de pre factibilidad del proyecto. Este estudio se lleva a cabo con el objetivo de contar con información sobre el proyecto a realizar, mostrando las alternativas posibles a implementar y seleccionando las mejores a ser profundizadas en la etapa de factibilidad. En concreto, se trata de la definición de los requerimientos para la futura explotación de la mina. Primero, se explica el método de explotación (rajo abierto, subterránea, mixta, etc.), ubicación de las diferentes instalaciones, el tamaño, forma, etc. Describe los equipos de tratamiento del mineral, así como todos los caminos de acceso, movimientos de tierra e instalación de líneas eléctricas y otras construcciones complementarias.

Estudios de factibilidad del proyecto (ingeniería básica). El propósito de los estudios de factibilidades evaluar todos los aspectos del proyecto, revisar los planes, identificar riesgos, hacer cálculos de costos más exactos y evaluar con mayor precisión la rentabilidad del yacimiento.
El informe de factibilidad es la culminación de la formulación de un proyecto, y constituye la base de la decisión respecto de su ejecución. Sirve a quienes promueven el proyecto, a las instituciones financieras, a los responsables de la implementación económica global, regional y sectorial.

Implementación del proyecto (ingeniería de detalle, compras de equipos y materiales, construcción). Se trata de la ejecución del proyecto en sí, incluyendo la ingeniería de detalles, las compras de equipos y materiales, la construcción de las obras y el montaje de los equipos.

Entre los temas a considerar en esta etapa están:

• Evaluación ambiental (impacto).

• Transporte (establecer un medio de transporte adecuado para hacer llegar el producto al cliente final).

• Construcción (desarrollo de la instalación minera completa, incluyendo la mina, la planta procesadora y toda la infraestructura necesaria para la operación).

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:

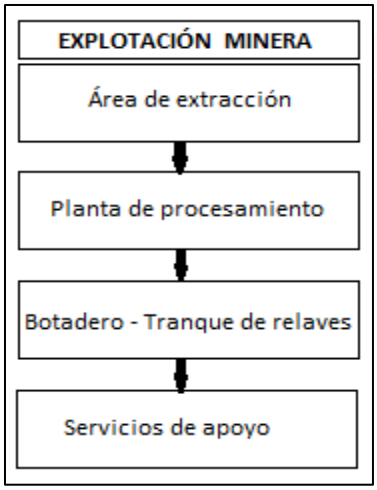


Figura 17. Instalaciones de un proceso minero

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

Este tipo de extracción se utiliza cuando los yacimientos presentan una forma regular y están ubicados en la superficie o cerca de ésta, de manera que el material estéril que lo cubre pueda ser retirado a un costo tal que pueda ser absorbido por la explotación de la porción mineralizada

Este sistema de extracción permite utilizar equipos de grandes dimensiones, ya que el espacio no está restringido como en el caso de las minas subterráneas, aunque su operación puede estar

limitada por el clima, como es el caso de las minas ubicadas en la alta cordillera o la zona central del país.

El rajo se va construyendo en avances sucesivos, lateralmente y en profundidad. A medida que se va profundizando en la mina, se requiere ir ensanchándola para mantener la estabilidad de sus paredes.

De este modo, se genera una especie de anfiteatro escalonado con caminos inclinados especialmente diseñados para el tránsito de los equipos, cuya forma es dinámica ya que va cambiando a medida que progresa la explotación.

Extracción de mineral en mina subterránea

Un yacimiento se explota en forma subterránea cuando presenta una cubierta de material estéril de espesor tal, que su extracción desde la superficie resulta antieconómica, por ejemplo, al interior de un cerro.

Para ello, se construyen labores subterráneas en la roca desde la superficie para acceder a las zonas mineralizadas. Las labores subterráneas pueden ser horizontales (túneles o galerías), verticales (piques) o inclinadas (rampas) y se ubican en los diferentes niveles que permiten fragmentar, cargar y transportar el mineral desde el interior de la mina hasta la planta, generalmente situada en la superficie.

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 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 tronadura, el sector debe ser ventilado y despejado.

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.

Los materiales que se utilizan para reforzar los túneles, piques o rampas son mallas de acero, pernos de anclaje, cables, hormigón armado, marcos de acero, vigas, lechada de hormigón proyectado.

Dentro de una mina subterránea se disponen diferentes áreas que permitenel trabajo de extracción de mineral, así como todas las actividades de apoyo y aquéllas inherentes a las necesidades humanas durante la jornada de trabajo.

De esta manera, se tienen las siguientes áreas:

Producción, incluye los niveles de transporte, producción, hundimiento, ventilación, piques de traspaso y carguío de mineral.

Servicios e infraestructura, son los talleres de mantención, piques de transporte de personal, accesos principales, redes de agua y electricidad, drenajes ,redes de incendios, oficinas, comedores, baños, policlínicos, bodegas, etc.

A diferencia de la explotación a rajo abierto, en una mina subterránea se 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.

Cuando el hundimiento se produce en forma secuencial, por tajadas menores del bloque, se habla de método de **hundimiento por paneles.** Los bloques de producción están agrupados de acuerdo a su ubicación dentro de la mina, constituyendo áreas de producción.

Cada una de las áreas cuenta con una red de túneles y piques en los diferentes niveles:

Nivel de hundimiento

Corresponde al nivel en que se produce la socavación de la columna de mineral, que se logra haciendo una red de perforaciones hacia arriba que se disponen formando un abanico. En estas perforaciones se introducen explosivos, cuya tronadura produce la fragmentación total de la base del bloque hasta una cierta altura.

Una vez retirado el material quebrado, el resto del macizo queda colgando hasta que se comienza a disgregar por efecto gravitacional y produce el hundimiento paulatino del total de la columna.

Nivel de producción

Corresponde al nivel de galerías desde las cuales es captado el mineral quebrado y traspasado hacia el siguiente nivel.

Se sitúa entre 8 y 18 m por debajo del anterior, con el cual está comunicado mediante piques que captan, en forma de embudos, el mineral desde el nivel de hundimiento.

En el nivel de producción, el mineral es traspasado hacia el nivel de transporte situado más abajo, mediante un trabajo manual o utilizando equipos especiales.

Si el mineral es de granulometría fina puede ser manejado por un operador que lo hace pasar directamente a los niveles inferiores; si es grueso (roca dura) debe ser manejado por cargadores

especiales llamados LHD. Éstos cargan el material, lo transportan y lo vierten en los piques de traspaso centralizados que lo conducen a las etapas siguientes.

Subnivel de ventilación

Corresponde a una red de galerías que se ubican por debajo del nivel de producción. Estas tienen por objetivo conducir aire fresco, captado desde la superficie por grandes extractores, hacia los lugares donde se está trabajando, y retirar el aire viciado (contaminado por los gases de tronadura, etc.) para expulsarlo a la superficie.

Niveles de traspaso

Corresponde a una serie de galerías y piques que permiten controlar el paso del mineral desde el nivel de producción hasta el nivel de transporte.

En el caso de mineral grueso (duro), este mineral es enviado al chancador primario, ubicado dentro de la mina, donde se reduce su tamaño para permitir su transporte final. En algunos casos es necesario reducir el tamaño de los bloques mayores (colpas). Para esto, se dispone de sistemas de martillos picadores fijos.

Las rocas de mineral secundario son más blandas y se hacen pasar por las buitras de un nivel a otro mediante el trabajo de los mineros.

Nivel de transporte

En este nivel operan camiones o correas transportadoras en donde se carga el mineral para ser transportado hacia la planta ubicada en la superficie. Este es el túnel de mayor tamaño en la mina. Sus dimensiones son de 5m. de ancho por 6 m. de alto.

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.

Repaso de Conceptos Claves		
PROCESO MINA	OBJETIVO DEL PROCESO MINA	CIERRE DE MINAS
El proceso mina se desarrolla en 4 fases: 1. Perforación. 2. Tronadura. 3. Extracción y carguío. 4. Transporte.	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.	Es definido como la conversión ordenada, segura y ambientalmente responsable de una mina operativa a un estado cerrado.

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

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

- **Estrategia Metodológica**
  Los participantes guiados por el instructor de manera individual o de forma grupal deberán definir la secuencia de las etapas del proceso mina, cuyo conocimiento operacional es necesaria para obtener éxito en el negocio minero.

- **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	✓
Taller de trabajo	✓
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 N° 4

<table>
<tr><th>Etapa</th><th>Especificaciones</th></tr>
<tr><td>Inicio</td><td>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.</td></tr>
<tr><td>Desarrollo de la actividad</td><td>El participante deberá definir lo requerido en la siguiente tabla:
<table>
<tr><th>Nombre de la Etapa</th><th>Definición de la Etapa</th></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>Duración de la actividad</td><td>60 inutos.</td></tr>
</table>

4. **Cierre de la Actividad**

El instructor refuerza los conceptos y habilidades aprendidas, y comenta lo 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	OPERACIONES UNITARIAS DEL PROCESO DE CONCENTRACIÓN DE MINERALES DE COBRE	OBJETIVO DE LA MOLIENDA
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.	Las etapas del proceso de concentración de minerales de cobre son: - Chancado. - Molienda. - Flotación. - Espesamiento. - Filtración.	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.

Introducción

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.

5.1. 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.

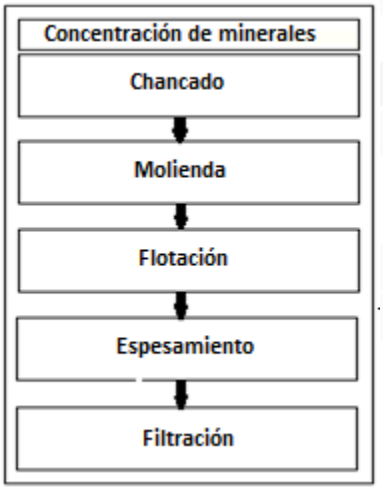


Figura 18. Operaciones unitarias de la concentración de minerales

5.2. Procesos unitarios del proceso de concentración de minerales

Chancado

El mineral proveniente de la mina presenta una granulometría variada, desde partículas de menos de 1 mm a tamaños mayores que 1 m de diámetro, por lo que el objetivo del chancado es reducir el tamaño del material hasta obtener un tamaño uniforme máximo de ½ pulgada. En esta etapa ser realiza el primer proceso de reducción de tamaño de las rocas de material extraído de la mina.

De acuerdo al proceso de molienda, las etapas de chancado pueden ser en una etapa (solamente chancado primario), o en algunas otras situaciones para lograr el tamaño deseado de ½ pulgadas para alimentar a molinos de bolas se utiliza la combinación de tres equipos en línea que van reduciendo el tamaño de los fragmentos en etapas, las que se conoce como Chancado primario, Chancado secundario y Chancado terciario. En la siguiente figura se observan las dos alternativas de procesamiento:

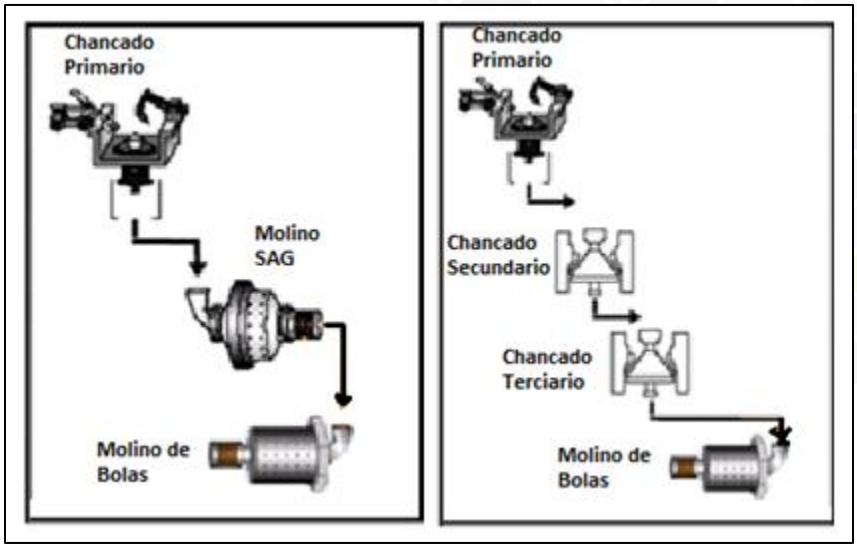


Figura 19. Circuitos de conminución

Molienda

Mediante la molienda, se continúa reduciendo el tamaño de las partículas que componen el mineral, la que permite finalmente la liberación de la mayor parte de los minerales de cobre en forma de partículas individuales.
El material que viene del chancado, pasa al proceso de molienda donde diferentes molinos reducen aún más su tamaño. El proceso de la molienda se realiza utilizando grandes equipos giratorios o molinos de forma cilíndrica, en dos formas diferentes:

- Molienda SAG.
- Molienda convencional.

En esta etapa al material mineralizado se le agrega agua en cantidades suficientes para formar una pulpa y reactivos necesarios para realizar la operación siguiente que es la flotación.

La molienda es la última etapa en un proceso de reducción de tamaño. En esta etapa las partículas se reducen en tamaño por una combinación de impacto y abrasión vía húmeda. Estos contienen una carga de agentes de molienda que se mueven dentro del molino produciendo la reducción de tamaño de las partículas. El agente de molienda puede estar compuesto de bolas o barras de acero, roca dura o en algunos casos de trozos del mismo de material.
En el proceso de molienda, partículas entre 5 a20 mm se reducen en tamaño hasta partículas de 10 a 300 micrones. Todos los minerales tienen un tamaño óptimo de molienda, el cual depende

de varios factores que incluyen la extensión en la cual los elementos valiosos están dispersos con la ganga y el proceso de separación a usar.
La importancia de esta operación queda demostrada por el hecho que gran parte de la energía gastada en el procesamiento de un mineral es ocupada por molienda. En consecuencia esta parte del proceso es de fundamental incidencia en el costo del producto. Cualquier mejoramiento entonces, en la eficiencia de esta operación, se reflejará como una importante economía en el proceso.

El tipo de molino para una molienda particular y el circuito en que debe estar deben considerarse simultáneamente.

Los circuitos se dividen en cerrados y abiertos. En la industria minera casi siempre se usa circuito cerrado (con clasificadores tipo hidrociclón) en el cual el material del tamaño requerido se separa en un clasificador, retornando los tamaños mayores al molino

En operaciones en circuito cerrado no se requiere efectuar toda la reducción de tamaño en un paso. En vez de esto, los esfuerzos van encaminados a retirar el material desde el circuito tan pronto alcance el tamaño deseado, aumentando así la capacidad. El material retornado al molino se denomina “carga circulante” y su peso se expresa como un porcentaje del tonelaje de la alimentación fresca.

El circuito cerrado reduce el tiempo de residencia de las partículas en cada paso, eliminando el exceso de molienda e incrementando la energía disponible para molienda útil. Debido a la gran cantidad de material de tamaño cercano al tamaño del producto que se retorna al molino, hay una reducción del tamaño medio de la alimentación, lo cual permite el uso de bolas más pequeñas aumentando la eficiencia de la molienda.

La carga circulante óptima, para un circuito en particular, depende de la capacidad del clasificador y del costo de transporte de la carga circulante hasta el molino. Comúnmente está en el rango de 100 – 350 %, aunque puede llegar hasta el 600 %.

Los molinos de barras generalmente se usan en circuito abierto debido a su acción de molienda, especialmente cuando preparan la alimentación a los molinos de bolas

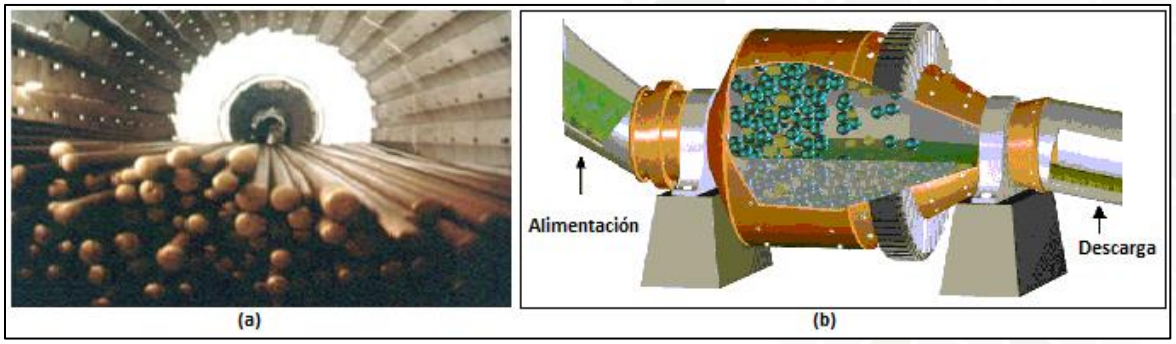


Figura 20. Molino de barras (a) y Molino de bolas (b)

Molinos semiautógenos (SAG)

Son molinos en que la carga de alimentación proviene directamente de la mina o desde un chancador primario. El medio de molienda es el mismo mineral de alimentación y bolas de acero para mejorar la acción moledora de las colpas gruesas de la carga.

Generalmente las bolas representan entre un 4 y 12 % del volumen total del molino y varían en tamaño desde 5” hasta 6,5” de diámetro.

Figura 21. Molino SAG

Flotación

La flotación surge como alternativa de proceso para concentrar minerales a comienzo de este siglo (1905) su importancia tecnológica es que hace posible la explotación económica de yacimientos de baja ley, que hasta ese momento eran reservas marginales. Su rápido desarrollo permitió: reducir por lo menos en diez (10) veces las leyes de mina mínimas a tratar en forma económica, subir las leyes de los concentrados, disminuir las pérdidas en colas y relaves, reducir los costos, y aumentar la recuperación.

La flotación espumante o flotación convencional funciona bien a tamaño de partícula entre los 0,3 - 0,002 mm, dependiendo del peso específico de los minerales valiosos y de su grado de liberación.

La flotación columnar se aplica a partículas de granulometría fina (menores que 0,002 mm), las cuales por su tamaño tienen problemas para ser recuperadas en la flotación convencional.

La flotación es una técnica que aprovecha la diferencia entre las propiedades superficiales o interfaciales del mineral, o especie de valor y la ganga. Específicamente, se basa en la naturaleza hidrofóbica (o aerofílica) de la superficie de las partículas, cuya magnitud permite que dichas superficies sean mojadas preferentemente por el aire o por el agua.
Así, la técnica para lograr la efectiva separación, se basa en la adhesión de algunos sólidos a burbujas de gas (usualmente aire) generada en la pulpa por algún medio externo, en la celda de flotación.
Las burbujas de aire transportan los sólidos a la superficie, donde son recolectados y recuperados como concentrado. La fracción que no se adhiere a las burbujas permanece en la pulpa y constituye las colas o relaves.
De este modo, la condición de flotabilidad es una fuerte adhesión entre las partículas útiles y burbujas, que sea capaz de soportar la agitación y turbulencia en la celda. Estas partículas se dicen hidrofóbicas, o repelentes al agua, al contrario de las partículas que constituyen el relave o colas, que son hidrofílicas.
Para una buena concentración se requiere, entonces, que las especies que constituyen la mena estén separadas o liberadas. Esto se logra en las etapas previas de chancado y molienda, etapas que son así determinantes en el proceso de flotación, aunque no son parte del mismo. Para la mayoría de los minerales, se logra un adecuado grado de liberación moliendo a tamaños cercanos a 100 µm. Partículas de mayor tamaño se sueltan de las burbujas portadoras por su mayor peso, en tanto que las partículas muy finas no tienen el suficiente impulso para producir un encuentro efectivo partícula burbuja.

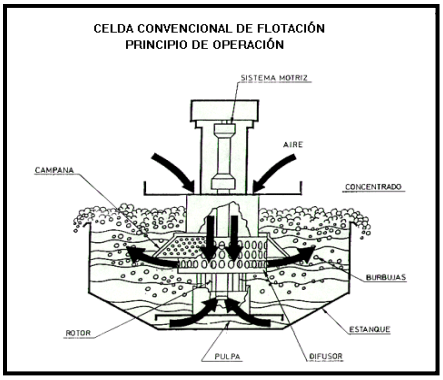


Figura 22. Celda de flotación convencional

Circuitos de flotación

Los objetivos metalúrgicos más significativos de la flotación son obtener una alta recuperación conjuntamente con una alta ley en el concentrado.

Una operación de flotación primaria (rougher) permite obtener alta recuperación con baja ley de concentrado, en cambio de una operación de flotación de limpieza (cleaner)permite obtener baja recuperación con alta ley de concentrado, generando una cola de alta ley que debe ser recirculada como alimentación a las etapas de flotación previa o intermedia.

La combinación de diferentes etapas de flotación permite configurar los circuitos de flotación, en los cuales se pueden considerar bancos de celdas en flotación de limpieza de concentrados (cleaner), flotación de re-limpieza (recleaner) y flotación de barrido de colas (scavenger).

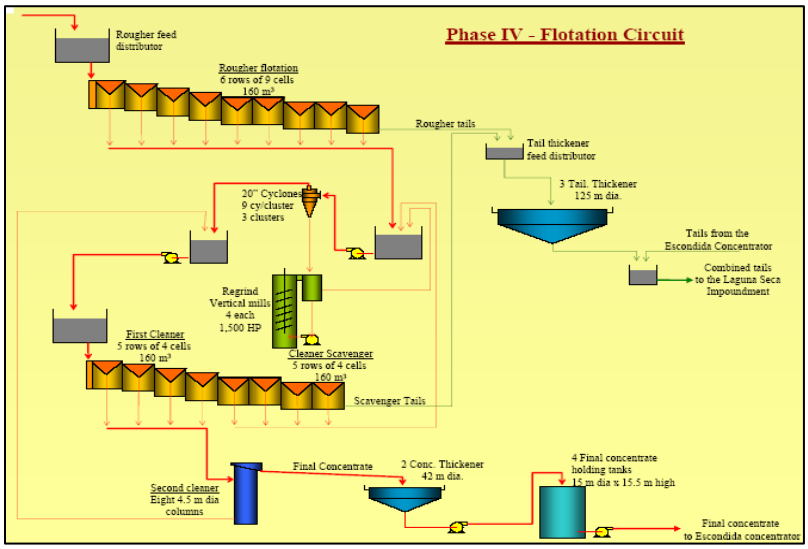


Figura 23. Circuito de flotación, minera Escondida

Espesamiento

Los métodos más utilizados para procesar minerales (cobre, níquel, oro, plata, etc.), tales como la flotación, requieren que el mineral, reducido a un determinado rango de tamaño de partículas se encuentre mezclado con agua. Una vez obtenido el concentrado y el relave, o la solución y el residuo, es necesario separar los sólidos del fluido.

En aquellas industrias mineras que no poseen fundición, el concentrado debe venderse como tal y ser transportado fuera de la empresa, por lo que interesa que el producto contenga una mínima cantidad de agua para reducir el consumo de combustible o el costo de transporte.

La separación de agua del concentrado se efectúa mediante el espesamiento. La eficiencia del espesamiento se mide, en este caso, a través del porcentaje de sólido logrado en la descarga, el que debe ser el máximo posible.

Se denomina espesamiento o espesaje a la operación de separar, mediante el mecanismo de sedimentación, parte del agua de una suspensión de modo de obtener por una parte, una pulpa de mayor concentración de sólidos en la descarga (underflow) y por la otra, un flujo de agua clara por rebose en el espesador (overflow).
La operación de espesamiento puede llevarse a cabo en forma discontinua o continua. El espesamiento discontinuo, que consiste en llenar un recipiente con pulpa y dejar que la fase sólida se separe del líquido por medio de la sedimentación, es un procedimiento de separación no muy sofisticado y que requiere solamente tiempo para una aplicación de buen éxito. Más importante que el espesamiento discontinuo ha resultado ser el continuo, el cual requiere un flujo de pulpa continua para alimentar el estanque sedimentador y retiro continuo o periódico de la suspensión espesada.
El término espesamiento implica el asentamiento por gravedad de las partículas sólidas suspendidas en un medio líquido.
La corriente de entrada a un espesador se denomina alimentación. Lo que rebalsa de la unidad puede se denomina rebose u overflow y corresponde al líquido clarificado. La descarga en la parte inferior se denomina descarga, underflow y es un lodo espeso.
Cuando una corriente de alimentación entra al espesador, los sólidos sedimentan al fondo. El líquido clarificado rebalsa por la parte superior y los sólidos sedimentados son removidos mediante un eje provisto de brazos con rastras que se ajustan a la inclinación del fondo del espesador, barriendo la pulpa y empujándola al cono ubicado en el centro del equipo, desde donde son transportados mediante bombas a los filtros.

Figura 24. Espesador

Filtración

La filtración es una de las aplicaciones más conocidas del flujo de fluidos a través de lechos porosos, en esta operación, las partículas sólidas en el fluido se retienen en un medio poroso, dejando pasar el fluido libre de partículas sólidas.
A nivel industrial, la filtración cubre un amplio rango de aplicaciones. Las partículas sólidas suspendidas pueden ser gruesas o finas, rígidas o plásticas, de forma esférica o irregular, agregado de partículas o partículas individuales. La suspensión de alimentación puede llevar una fracción elevada o muy baja de sólidos. Puede estar muy fría o muy caliente, y estar sometida a vacío o alta presión. El producto valioso puede ser el líquido filtrado, o el conjunto de partículas llamado queque o torta que se forma junto a la cara del medio filtrante. En algunos casos la separación de fases debe ser prácticamente completa, en otros sólo se desea una separación parcial. Por lo tanto se han desarrollado numerosos filtros para resolver los diferentes problemas que se presentan a nivel industrial.
Mientras más eficiente es esta etapa, mejor será el rendimiento económico de la empresa.

Filtros de correa o banda.

Los filtros de banda son más conocidos como filtros de vacío de banda horizontal, y son equipos que se utilizan para separar el líquido desde el sólido a partir desde una pulpa, por la generación de una presión diferencial bajo la presión atmosférica, o mejor dicho bajo una presión de vacío.
Es un tipo de filtro de vacío y es un equipo que consiste en una correa o banda de caucho sinfín horizontal. En este concepto, el vacío es aplicado a un recipiente que permanece estacionario debajo de la correa de goma en movimiento y que tiene configurada una malla de filtrado. La tela filtrante es como correa horizontal y está colocada sobre la correa móvil filtrante. El vacío es aplicado a través de sellos deslizantes entre la correa móvil filtrante y el recipiente de vacío. Hay una tendencia reciente de utilizar correas filtrantes bastante largas para lavados en contracorriente del queque en separación sólido/liquido de pulpas.

Figura 25. Filtro de banda

Filtros de presión

Existen diversos tipos de filtros de prensa (presión) los cuales operan conceptualmente de manera similar. El filtro está constituido por placas filtrantes que se cierran para proceder al filtrado y se abren para descargar el queque. El filtro es accionado por una unidad hidráulica, opera a alta presión provista por el aire insuflado de un compresor. Las humedades residuales que se pueden obtener con estos filtros oscilan en el rango de 8 a 12%. Estos filtros presentan un alto grado de automatización y están constituidos, esencialmente, por una serie de placas que cuelgan, asentadas en rodamientos sobre su estructura. Dichas placas pueden moverse alejándose o acercándose entre sí por medio de una placa móvil, que es capaz de "empujar a las restantes". En el extremo opuesto se ubica la placa fija que debido a tal condición contiene los "piping" de alimentación y descarga de los filtros.

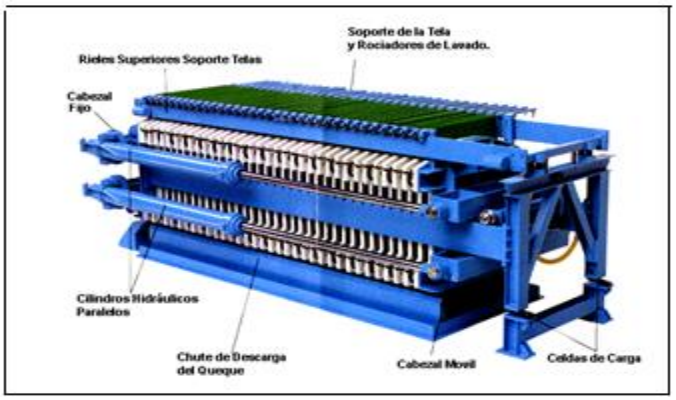


Figura 26. Filtro de presión

Repaso de Conceptos Claves

DESCRIPCIÓN PROCESO CONCENTRACIÓN DE MINERALES	OPERACIONES UNITARIAS DEL PROCESO DE CONCENTRACIÓN DE MINERALES DE COBRE	OBJETIVO DE LA MOLIENDA
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.	Las etapas del proceso de concentración de minerales de cobre son: - Chancado. - Molienda. - Flotación. - Espesamiento. - Filtración.	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.

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

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

- **Estrategia Metodológica**
  Los participantes guiados por el instructor de manera individual o de forma grupal deberán definir qué entiende por las diferentes etapas y secuencia del proceso de concentración de minerales de cobre.

- **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	✓
Taller de trabajo	✓
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 N° 5**

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 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 lo 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	CHANCADO	OPERACIONES UNITARIAS DEL PROCESO HIDROMETALÚRGICO
La hidrometalurgia es una rama de la metalurgia extractiva y comprende todos los procesos y operaciones unitarias orientados a la obtención de matales y compuestos metálicos y no metálicos, en sistemas acuosos.	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.	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.

Introducción

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.

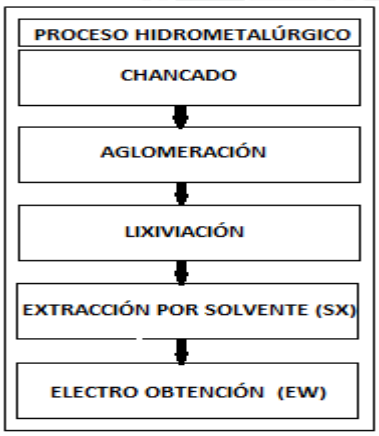


Figura 27. Etapas del proceso hidrometalúrgico

6.1. 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).

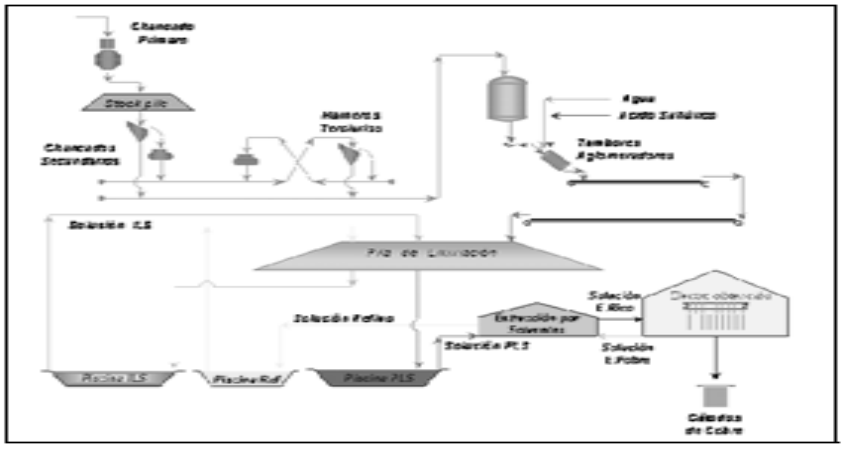


Figura 28. Diagrama de flujo de una planta hidrometalúrgica

6.2. 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 primaria 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.

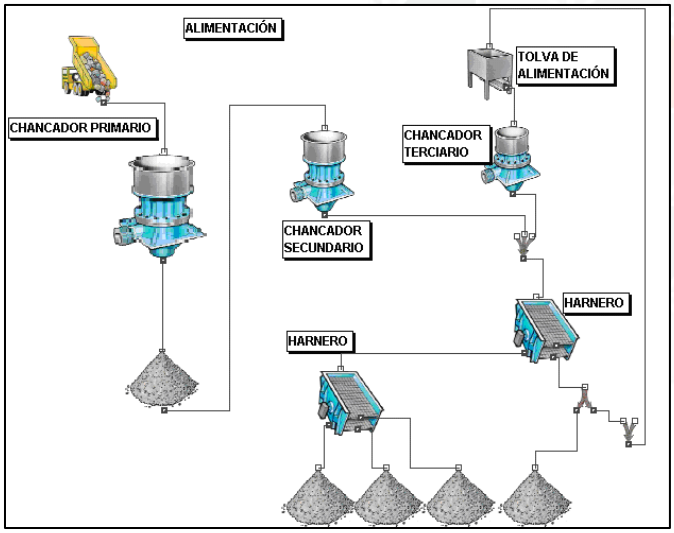


Figura 29. Diagrama de flujo de chancado típico

Chancado Primario

En la mayor parte de las operaciones, el programa del chancado primario es el mismo que el de la mina. Cuando el chancado primario se realiza bajo tierra, esta operación normalmente es responsabilidad del área de mina; cuando el chancado primario es en la superficie, es responsabilidad del área de proceso que triture y maneje la mena desde este punto a través de las operaciones unitarias sucesivas de procesamiento de minerales. Las chancadoras primarias comúnmente están diseñadas para operar 75% el tiempo disponible, principalmente debido a las interrupciones causadas por la alimentación insuficiente y por demoras en las mantenciones.

Chancado Secundario

El chancado secundario incluye todas las operaciones para aprovechar el producto de la chancadora primaria desde el almacenamiento de la mena hasta la disposición del producto final de la chancadora el cual usualmente está entre 0,5 y 2 cm de diámetro. El producto de la chancadora primaria en la mayor parte de las menas metalíferas puede ser chancado y harneado satisfactoriamente y la planta secundaria generalmente consiste de una o dos etapas de reducción de tamaño con chancadoras y harneros apropiados. Por otra parte, pueden ser usadas más de dos etapas de reducción de tamaño del chancado secundario si la mena es extra dura o en casos especiales donde es importante minimizar la producción de finos.

Chancado Terciario

Normalmente estos circuitos van acompañados de las correspondientes etapas de clasificación para evitar la excesiva producción de finos y aumentar la capacidad del equipo

En etapas posteriores al chancado primario, debido a que no se requiere una gran abertura de alimentación, se puede tener una mayor área de chancado hacia la descarga, con un mayor ángulo del cono que en las giratorias, manteniendo el mismo ángulo entre las piezas chancadoras Estas

chancadoras secundarios-terciarios, operan a una velocidad mayor que los giratorios. Esto permite que el material se triture más rápidamente debido al mejor flujo del material por la gran abertura que se crea al moverse el cono.

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.

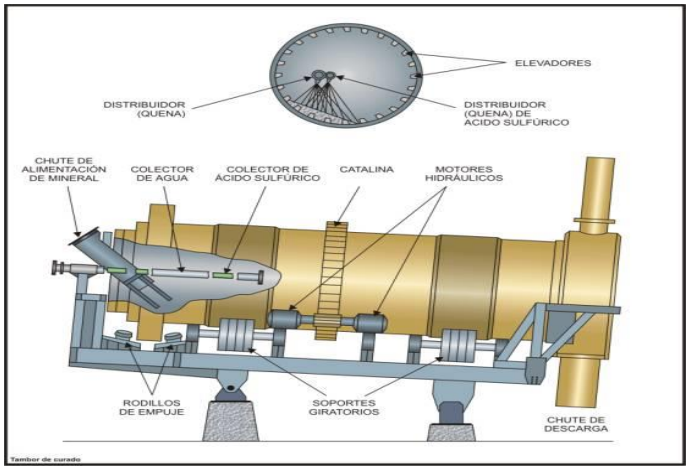


Figura 30. Tambor aglomerador y sus componentes

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 formado 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 31. Equipo apilador

Existen dos tipos de pilas:

- Pila permanente (piso desechable): en la cual el mineral es depositado en una pila desde la cual no se retira el ripio una vez completada la lixiviación.
- Pila renovable (piso reutilizable): en la cual se retira el ripio al final de la lixiviación para reemplazarlo por mena fresca.

Las pilas renovables o permanentes pueden adaptar la configuración de:

- Pilas unitarias: todo el material depositado pasa simultáneamente por las diversas etapas del ciclo de tratamiento.(figura 32)
- Pila dinámica: en una misma pila coexisten minerales que están en diversas etapas del ciclo de tratamiento. La figura siguiente es el esquema del sistema de pila dinámica.(figura 32)

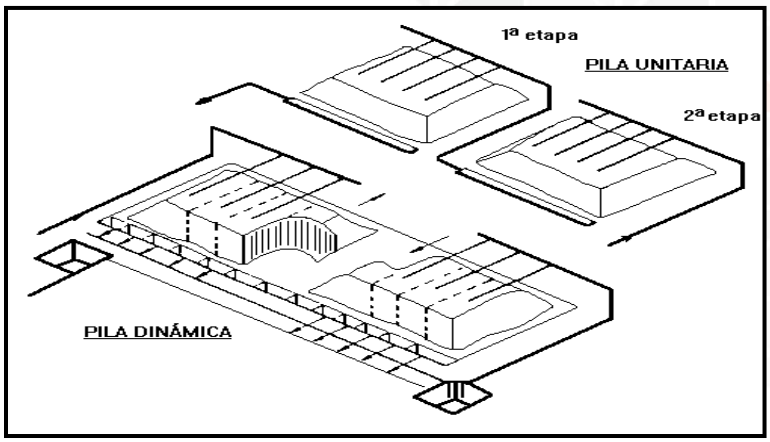


Figura 32. Pilas dinámicas y pilas unitarias

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 lixiviante). Este contacto debe de realizarse de tal manera que permita que los reactivos químicos (agentes lixiviantes), presentes en la solución lixiviante, 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 lixiviante de la solución.
Del mineral, la finalidad es que se disuelvan solamente las especies útiles, por lo que el agente lixiviante 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 hídrometalúrgíco 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 inmiscible 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).

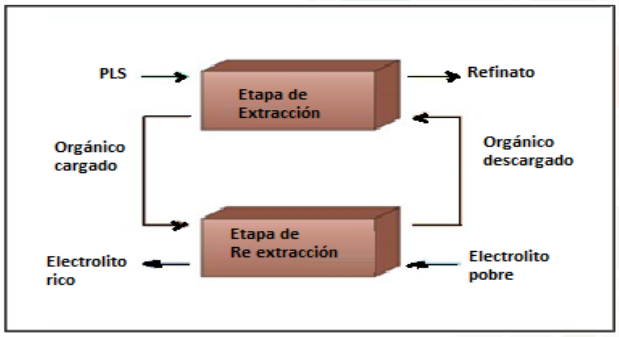


Figura 33. Diagrama del proceso de SX

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/lt.
- Soluciones débiles: Con contenido de cobre < 10 g/lt.

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 cambios 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).

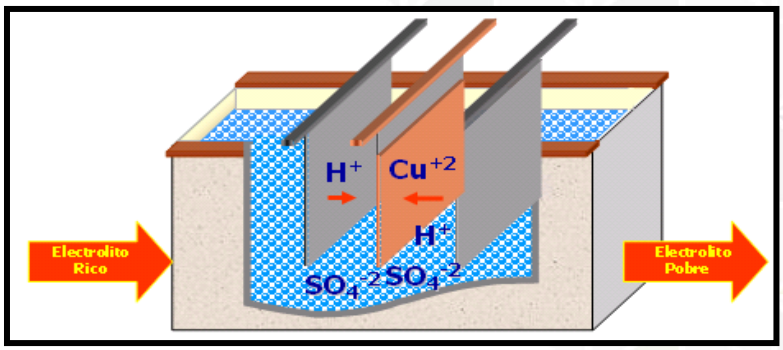


Figura 34. Celda EW y reacciones principales

Reacciones principales

Reacción Anódica : $H_2O \longrightarrow 1/2\ O_2 + 2H^+ + 2e^-$ E^o: 1.23(V)

Reacción Catódica : $Cu^{+2} + 2e^- \longrightarrow Cu^o$ E^o: 0.34 (V)

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

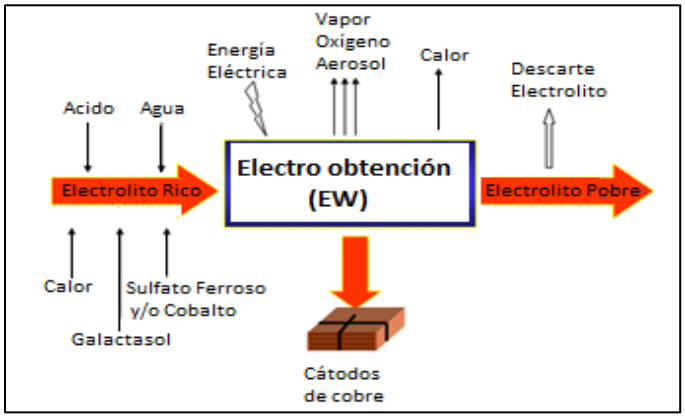


Figura 35. Esquema general de flujos de masa y energía

El cobre en solución (catión: 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).

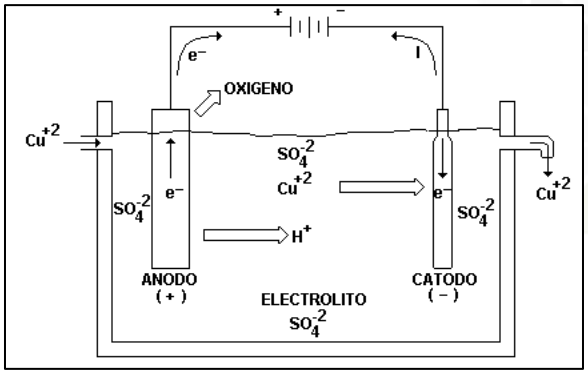


Figura 36. Movimientos iónicos en la celda EW

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 a4 cm, lo que proporciona un peso total de 70 a80 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 37. Integración de procesos hidrometalúrgicos

6.3. Cancha de almacenamiento y despacho de cátodos de cobre

Cuando los cátodos se han retirado de la cadena de salida, el operador de la grúa horquilla procede a contar los cátodos que éste contiene, posteriormente lo transporta al sector de pesaje y los traslada al lugar especificado en el patio de embarque para que sea clasificado, enzunchado y embarcado.

Los cátodos de cobre son apilados y embalados mediante zunchos metálicos para su transporte final al puerto de embarque, mediante camiones o ferrocarril. Previamente, se efectúa un muestreo sistemático de algunos cátodos para determinar contenido de cobre, que debe ser de 99,99%, e impurezas (menos de 0,01%, principalmente azufre). La clasificación físico química de la producción catódica corresponde única y exclusivamente a los Inspectores de Calidad, generalmente de servicio externo.

Para cumplir con las exigencias del mercado, los cátodos deben ser agrupados en paquetes, los cuales contienen alrededor de 32 unidades, con un peso promedio de 2500 kilos.

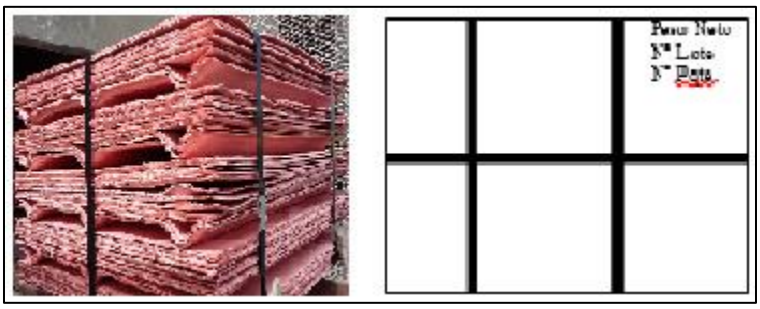


Figura 38. Enzunchado y rotulación de los paquetes de cátodos

Repaso de 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 matales 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.

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

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

- **Estrategia Metodológica**
  Los participantes guiados por el instructor de manera individual o de forma grupal deberán definir que entiende por las diferentes etapas y secuencia del proceso hidrometalúrgico de minerales oxidados de cobre.

- **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	✓
Taller de trabajo	✓
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 N° 6

<table>
<tr><th>Etapa</th><th>Especificaciones</th></tr>
<tr><td>Inicio</td><td>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.</td></tr>
<tr><td>Desarrollo de la actividad</td><td>El participante deberá definir secuencialmente las operaciones unitarias del proceso hidrometalúrgico, en la siguiente tabla:
<table>
<tr><th>Nombre de la operación unitaria de la hidrometalurgia del cobre</th><th>Definición de la operación unitaria</th></tr>
<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>
</table></td></tr>
<tr><td>Duración de la actividad</td><td>60 minutos.</td></tr>
</table>

4. Cierre de la Actividad

El instructor refuerza los conceptos y habilidades aprendidas, y comenta lo 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 pirometalúrgico

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.

Introducción

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_2O). 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 pirorrefinacion, realiza diferentes etapas operacionales con el propósito de generar un condicionamiento del cobre blíster para las etapas posteriores de electrorrefinacion, ajustando el grado de oxidación del metal mediante una eliminación selectiva de impurezas

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

7.1. Objetivos del proceso de fundición de concentrados de cobre

El objetivo del proceso Fusión-Conversión es producir metal blanco con un contenido de cobre entre 72 y 76%. Las reacciones de oxidación en el proceso de fusión-conversión se regulan mediante la razón másica de la carga alimentada y el flujo de oxígeno inyectado. El calor generado en el Horno se debe a las reacciones de oxidación que ocurren en él y su velocidad de generación depende del flujo de oxígeno y de la ley del metal blanco. El balance de calor se ajusta mediante la adición de los circulantes fríos generados en el proceso de fundición, por el grado de enriquecimiento del aire de soplado y por el uso del quemador sumergido.
El objetivo de la pirorrefinación es incrementar la pureza del cobre blíster de 98.7 % a un cobre refinado a fuego o cobre anódico en rangos de pureza igual a 99.7%. El producto final que se obtiene de este proceso es el cobre moldeado en placas denominado ánodos, donde al cobre liquido es solidificado en ruedas de moldeo con sus correspondientes controles físicos. Este ánodo es la materia prima de la etapa de electro refinación, proceso en la que se obtiene el cátodo con una pureza de 99,99 % de cobre.

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.

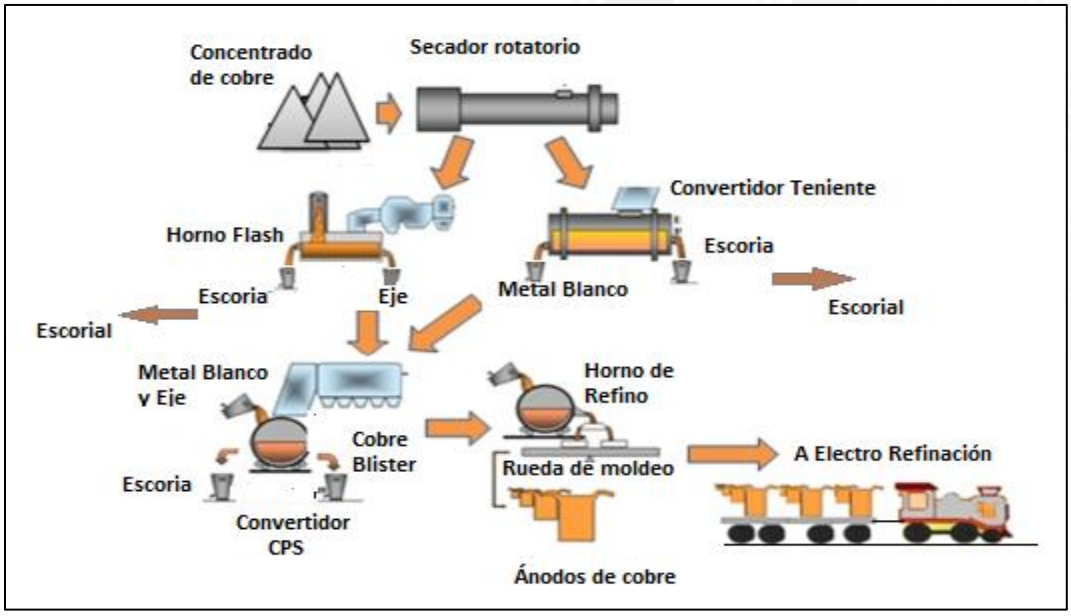


Figura 39. Diagrama del proceso de fundición y refinación de concentrado de cobre

Las etapas del proceso de fundición son las siguientes:

Inyección de concentrado en hornos de fundición (reacción)

La fusión de concentrado se realiza en un Horno Basculante CPS (convertidor Peirce Smith) o en un Convertidor tipo Teniente. Este funciona normalmente con inyección de concentrado seco de 0.2% de humedad vía toberas y se realiza a través de los sistemas de inyección de concentrado, y como opción alternativa o simultánea, con carguío de concentrado húmedo de 8 a 10% de humedad vía Garr Gun.

Cada sistema está constituido por una tolva de almacenamiento de concentrado seco. A su vez, cada tolva alimenta el concentrado a los vasos presurizados que impulsan concentrado seco a las toberas habilitadas en el horno. En general se dispone de cierta cantidad de vasos presurizados para cada una de las toberas, que permiten inyectar hasta 50 ton/h concentrado seco.

La secuencia de inyección se inicia con el almacenamiento de concentrado seco en la tolva, ocupando entre 60 y 90% de su capacidad total. La fluidización evita la aglomeración del concentrado en la salida permitiendo una descarga fluida a cada uno de los dos vasos presurizados conectados a la tolva. La fluidización se realiza sólo cuando los vasos están en proceso de carga.

Una vez alcanzado el nivel de llenado en cada vaso, se presuriza con aire comprimido de vaciado en cada vaso y termina cuando se llega a un mínimo de toneladas, luego de lo cual se despresuriza, reingresando el aire con polvo de concentrado a la tolva de almacenamiento.

El proceso de inyección de concentrado desde los vasos hacia el horno se efectúa en forma alternada en cada sistema, permitiendo que mientras un vaso se encuentra en proceso de

inyección de concentrado, el otro está en proceso de carga, logrando una alimentación continua del horno.

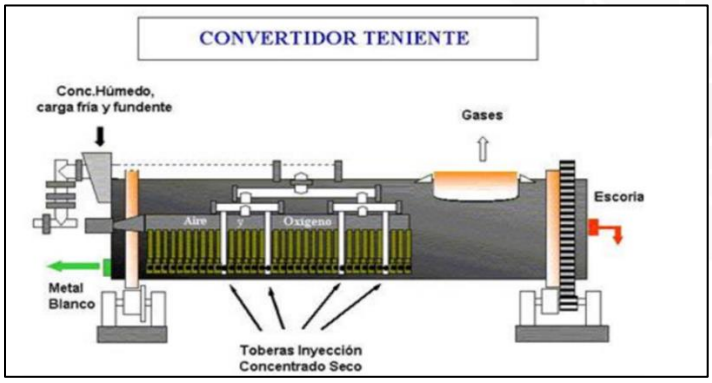


Figura 40. Convertidor tipo Teniente

Soplado

El proceso de soplado se realiza con el fin de proporcionar el oxígeno necesario para llevar a cabo la fusión y conversión del concentrado; para ello el horno tiene disponibles cierta cantidad de toberas de soplado situadas en el manto del horno, por las cuales se suministra el aire de soplado.

El aire de soplado es proporcionado por un turbo soplador centrifugo, que extrae el aire del ambiente y lo impulsa hacia las toberas a un flujo requerido. Junto con el aire de soplado, se suministra oxígeno proveniente de la Planta de Oxígeno, el que es utilizado para enriquecer el aire de soplado, aumentando la velocidad de las reacciones químicas en el baño líquido.

Es importante destacar que de las toberas de soplado, se destinan dos para la ubicación de pirómetros, que miden la temperatura del baño del líquido que debe fluctuar entre 1220 – 1240 °C. Esta información es relevante para el control de los parámetros operacionales del Horno.

Además el horno cuenta con la operación de una maquina punzadora o maquina Gaspé, que mediante el ingreso secuenciado de barras por las toberas logra el retiro de acreciones formados en el interior de éstas, evitando bloqueos que destruyan el flujo de aire necesario para los procesos desarrollados en el Horno.

Cuando el concentrado de cobre es inyectado al baño fundido en el horno continuo, se producen una serie de reacciones que forman sulfuros líquidos, sean sulfuros de cobre (Cu_2S) y sulfuros de fierro (FeS) así como azufre (S).

Con la incorporación de oxígeno (O_2) al baño líquido, se produce una asociación entre éste y el fierro (Fe) y con el azufre (S), contenido como sulfuros en el baño. Obteniéndose de éstas asociaciones óxido ferroso (FeO) y dióxido de azufre (SO_2), respectivamente.

Los óxidos de fierro generados (FeO) junto con el fundente sílice (SiO_2), adicionado al baño vía Garr Gun, forman un producto denominado Escoria. Con el oxígeno adicionado al baño fundido también como sulfuro, se obtiene el metal blanco (Cu_2S) y dióxido de azufre (SO_2) en estado gaseoso.

Una vez que en el horno existe un nivel óptimo de escoria (aproximadamente 1.8 m sobre el nivel de ladrillo), una máquina perforadora (picarroca) abre el pasaje denominado sangría, situado en el lado culata del horno para liberar el chorro líquido que es la escoria producida durante la fusión de concentrado, la que es vaciada en una olla posicionada bajo el horno.
Mientras se sangra la escoria se toman muestras del material, introduciendo el chorro líquido en una paleta de muestreo. Esta muestra es enfriada y pulverizada en un molino de discos, y es enviada al laboratorio químico para análisis químico y metalúrgicos.
Una vez que la olla alcanza el nivel de transporte, el pasaje de salida de escoria se cubre con greda, utilizando la Maquina Taponeadora. Para ello, se moldea un tapón de greda en el extremo de la lanza de la máquina, la cual es posicionada frente al pasaje de sangrado, insertando el tapón en el pasaje y deteniendo la salida de escoria.

Vaciado de metal blanco

Para la descarga de metal blanco desde el horno existen dos sangrías disponibles, una ubicada en la culata (costado) y otra en el manto del horno. La descarga de metal blanco requiere de la abertura de estos pasajes con una máquina perforadora abriendo paso el chorro líquido que se conduce gravitacionalmente a la olla de transporte. Estas ollas tienen una capacidad de 6 m^3 aproximadamente y son ubicadas sobre un carro porta ollas que se sitúa bajo el horno y las moviliza hacia áreas que permitan el levante y transporte mediante un puente grúa.
El cierre de la sangría del metal blanco es realizado mediante el bloqueo del pasaje con un tapón de greda que es moldeado al interior del estanque de la máquina taponeadora para proceder a su colocación y sellado.

El muestreo de metal blanco se realiza cada 30 minutos ingresando una cuchara de muestreo al baño durante el sangrado o introduciendo en forma continua varias veces una varilla de 1.5 m de longitud de ¾” de diámetro, en una tobera de soplado especialmente habilitada, hasta formar una película de metal que proporcione una cantidad suficiente de muestra. El procedimiento que sigue para ambas muestras es enfriar la muestra y pulverizarla en un pulverizador de discos, para su rotulación y envío al laboratorio químico.

Evacuación de gases

Los gases generados durante el proceso de fusión de concentrado salen del baño líquido a temperaturas del orden de los 1220°C. Estos son captados por el sistema de extracción de gases, enfriados y limpiados, antes de ser enviados a la Planta de Ácido Sulfúrico.
Este proceso se inicia en la Campana de Refrigeración, situado sobre la boca del horno, la cual captura los gases generados por el baño líquido. Los gases son enviados a la Planta de Ácido Sulfúrico gracias a la acción de los ventiladores de tiro inducido (VTI), que operan paralelamente. La depresión generada capta los gases con aire de infiltración en la Campana, y se operan de acuerdo a las necesidades de la Planta de Ácido.
A la salida de la Campana, los gases mezclados con aire inducido alcanzan una temperatura promedio de 850°C.

La refrigeración de la campana se realiza a través de un circuito cerrado de agua, el cual consta de un Estanque de Almacenamiento, desde donde es impulsada por bombas a radiadores para ser enfriada y reenviada a la campana como agua de enfriamiento, completando el circuito cerrado.
Una vez que salen de la Campana Refrigeradora, los gases pasan por la Cámara de Enfriamiento Evaporativo, que consta con cinco lanzas dispuestas en línea desde donde se proyecta agua atomizada con aire comprimido para enfriar los gases (Sistema Sonic), reduciendo su temperatura a menos de 400 °C, adecuada para entrar a los Precipitadores Electrostáticos.
Los Precipitadores Electrostáticos son los encargados de retener y extraer las partículas arrastradas por la corriente gaseosa. El polvo es removido por un transportador de rastras hasta un tolvín portátil, éste último se envía hacia la bodega de almacenamiento de materias primas para su tratamiento externo o reingresar al proceso de fusión.

7.2. Proceso de refinación y moldeo.

La Refinación a Fuego (RAF) del cobre blíster es un proceso discontinuo, donde se incrementa la pureza del cobre blíster proveniente de la etapa de conversión, eliminando el porcentaje de oxígeno que contiene, llegando a concentraciones en cobre de 99,7%. Este proceso comprende el uso de hornos rotatorio y/o hornos basculante de ánodos, unidades que permiten mayor flexibilidad operativa que los hornos estacionarios y/o hornos reverberos y en general costos menores, pero de capacidad útil de tratamiento inferior que estos últimos.
El movimiento y/o accionamiento realizado desde ambos lados de horno, esta generado por un sistema de engranaje y pista de rodadura, conectado a motor eléctrico y sus ángulos de giro, están en razón directa a los requerimientos de las etapas operativas de refinación a fuego.
Por la gran cantidad de material frio que se genera en los procesos, que cae y se esparce por zona inferior de horno; se debe asegurar permanente limpieza, especialmente en las líneas de desplazamiento y en su periferia.
Los circuitos de alimentación de combustible y aire a tobera, están insertas en el manto de lado sangría y las líneas de nitrógeno en su parte inferior.

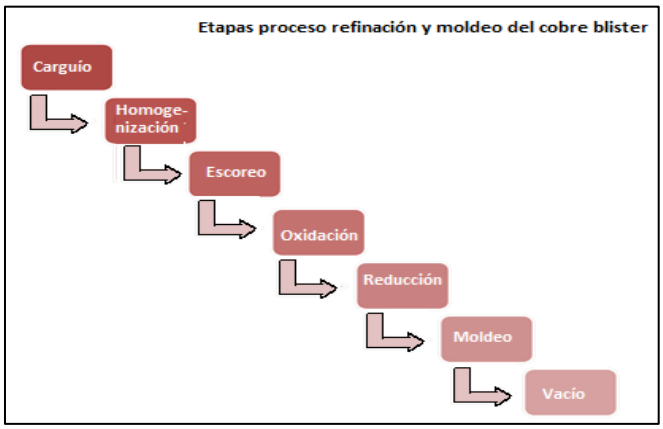


Figura 41. Etapas del proceso de refinación y moldeo

Etapa de carguío

Esta primera etapa es fundamental en el proceso general, ya que marca la tendencia de tiempos en los ciclos de las cargas para los hornos de refino, confiriendo relevante información para la programación del proceso de moldeo.
La etapa de carga al horno basculante se realiza exclusivamente con cobre blíster líquido, materia prima proveniente directamente del proceso realizado en el convertidor Peirce Smith del área de fundición, y/o del cobre blíster almacenado en el horno de retención.
La carga alimentada al horno puede realizarse y ser completada con carga en "forma continua" y de una vez. Esta situación (que no es generalizada) se puede dar en la medida que se disponga de suficiente carga liquida desde el horno de retención.
Esto se realiza en "forma secuencial", lo que implica un tiempo de carguío en forma periódica, coordinación en el uso de grúa puente para instalación y/o retiro de la tapa de carga, en un mayor número de veces, y personal dedicado a esta operación un mayor uso en tiempo.
El programa de inicio y alimentación de la materia prima al horno basculante se realiza por medio de coordinación de jefaturas de turnos de las áreas de fundición y refino.
La carga alimentada a horno debe solo ser hasta el vaciado del líquido fundido, con especial cuidado de no vaciar carga fuera de horno, y también especial cuidado de no ingresar cascarones de la olla al interior del horno basculante de refinación.
Finalizada esta etapa, el personal del horno basculante se coordina con gruero refinación para colocar la tapa de carga sobre boca de carga del horno, asegurando un adecuado asentamiento, con el propósito de reducir o eliminar pérdidas calóricas.

El cobre blíster proveniente desde los hornos de fusión debe cumplir exigencias de calidad y temperatura, los cuales se indican:

- Cobre subido. Corresponde al blíster en rangos aceptables de azufre, con baja presencia de humos, es poco viscoso y de color amarillo brillante.

- **Cobre bajo**. Se visualiza exceso de humo en la olla que lo transporta, debido a su alto contenido de azufre.

- **Cobre frio**. Es espeso y de color anaranjado opaco.

- **Cobre limpio**. Sin escoria o mínimo de esta.

- **Cobre caliente**. En rangos de temperaturas de operación (≈1.200 °C), con el propósito de no disponer de tiempos en calentamiento de carga.

Etapa de homogenización

Finalizada la carga del horno basculante, esta debe ser homogenizada con el propósito de lograr que adquiera iguales propiedades en todo su conjunto. Esta operación se aplica por tiempos

cortos (5 a 10 min) al cabo del cual se toma muestra, la que debiera ser representativa del conjunto de la carga.
Esta operación permitirá además visualizar la calidad de carga, niveles de escoria y temperatura de baño líquido.

Etapa de escoreo o escoriado

Esta etapa se realiza al comprobar visualmente presencia de escoria sobre la superficie del baño líquido. Lo correspondiente es que durante el traspaso de toda la carga, el cobre blíster alimentado al horno basculante debe ser limpio, sin presencia de este material.
La escoria en general ocasiona impedimentos para el normal proceso de refinación, incidiendo en el incremento de tiempos de operación, de consumo de combustibles, toma de muestras no representativa algunas veces, traspaso de cobre a escoria, incremento de tiempos en limpieza de boca de carga, etc.
El escoreo se realiza las veces necesarias hasta lograr eliminar la escoria desde el interior del horno basculante de refinación. En esta operación se puede ocupar una o más ollas, dependiendo de la cantidad de escoria que contenga la carga.
Finalizada esta etapa, el operador del horno basculante procede a tomar muestra del cobre fundido y observa la superficie de solidificación de esta, donde en base a un patrón de prácticas operativas, se estipula el tiempo aproximado de oxidación de la carga.
El personal del horno basculante controla la temperatura por medio de termocupla, que introduce por la boca de escoreo y bajo el nivel del líquido (≈2”).

Etapa de oxidación o desulfuración

La etapadeoxidacióntiene la finalidad de abatir las impurezas contenidas en el cobre blíster, especialmente la eliminación a rangos estandarizados del azufre por medio de volatilización (gases) y acercarsea unacondicióndesaturaciónenoxígenodelcobre (set copper)
Esta condición se debe lograr, inyectando por intermedio de una tobera ubicada en lado de moldeo de horno , flujos de aire en rangos de gran volumen y presión , tendientes a producir agitación y turbulenta en el seno del baño , para generar las reacciones de oxidación requeridas.
El tiempo de oxidación de esta etapa está en relación directa con la muestra inicial que se tomó al final de la etapa de escoreo.
El operador debe realizar muestreo en tiempos acotados para visualizar el avance de la oxidación. Este control se realiza con el propósito de no sobre oxidar el cobre en el proceso.
La muestra en la etapa intermedia o avanzada de oxidación se caracteriza por que adquiere un color café oscuro y resulta fácil de fracturar.
Se efectúan 2 a 3 muestreos secuenciales durante esta etapa, hasta la obtención de la muestra final que denota un aspecto de rechupe en la parte central de la superficie al solidificar, característica correspondiente a la contracción natural del líquido que contiene alto nivel deoclusiones de oxígeno.

Finalizada esta etapa, el operador del horno basculante procede a tomar muestra de líquido (cobre fundido) y observa la superficie de solidificación de ésta, donde, en base a un patrón de prácticas operativas, se estipula el tiempo aproximado de la operación de reducción de la carga.
La alta concentración de azufre en el inicio de esta etapa (0.01 - 0.05%), hace necesario realizar una sobre oxidación del cobre blíster para asegurar el contenido de este elemento en las composiciones deseadas, operación que genera principalmente dos condiciones adversas:

- Presencia de Cu_2O en las escorias RAF, y
- Altas concentraciones de oxígeno en el baño metálico (≈ 7.000 a 9.000 ppm).

Estas condiciones adversas, se minimizan al realizar un estricto control mediante muestro y control de los tiempos de esta etapa.
En la etapa de oxidación y acorde al nivel de impurezas contenidas en el cobre blíster, se generan otras reacciones que van en razón directa del nivel de solubilidad de los componentes que acompañan al metal cobre.
En otras fundiciones, por el alto porcentaje de As y Sb en el cobre blíster, se realiza el agregado de fundentes en el horno basculante a objeto de reducir los niveles de impurezas que originan un nivel de dificultad y complejidad en la refinación a fuego y electro refinación del ánodo.

Reducción o desoxidación

El oxígeno en exceso disuelto durante la oxidación, debe ser reducido en esta etapa a niveles necesarios para eliminar contenido y presencia de óxido de cobre durante la solidificación (moldeo) del cobre anódico.
La refinación se realiza por inyección de gas natural (aporte de hidrocarburos), mezclado con aire para provocar reacciones de reformado (combustión incompleta), las que ayudan a realizar un proceso controlado que evite y/o disminuya la emisión de humos negros al medio ambiente.
El operador del horno basculante debe verificar y asegurar una completa unión entre la tapa y la boca de carga de horno. Esta actividad debe permitir y asegurar una completa evacuación de los gases a través del ducto "S" acoplado al horno y embutido en la boca de la chimenea.
Para mantener los rangos de temperatura requeridos para el moldeo, se opera con quemador.
El operador del horno basculante en relación al tiempo inicial estipulado de operación, ayudado además por la intensidad y color de los gases, bascula el horno ubicándolo en posición para muestreo de cobre líquido. Ésta actividad la debe realizar las veces necesarias hasta obtener el afino requerido para moldeo de los ánodos.
La muestra a tomar desde el líquido de horno se realiza con un cucharon estandarizado y un receptáculo que contiene una figura cónica. Ambas herramientas deben estar limpias y calientes para ser pintadas con desmoldante. Se saca la muestra del baño líquido por la boca de escoreo por medio de un cucharón, vaciando este a un receptáculo, el cual al término de la solidificación entrega un cobre en forma de cono.

Moldeo

El moldeo de ánodos, corresponde a la etapa operativa final del ciclo de piro refinación del cobre blíster procesado en el horno basculante.
Esta operación se realiza en el momento en que las condiciones de temperatura y características físico-química del cobre líquido estén en los rangos de calidad para producir cobre anódico acorde a los requerimientos de la refinación electrolítica (electrorrefinación).
A través de la sangría de horno, el cobre líquido se desplaza hacia la canala refractaria que lo transportan hacia la cuchara intermedia y de colada, las cuales mediante una controlada operación mecánica-instrumental alimentan a los moldes instalados en la rueda de moldeo, con flujos de cobre líquido en rangos de pesos estandarizados para producir ánodos comerciales y hojas madres.

Etapa de vacío

Esta es una etapa corta que comprende desde el término del moldeo hasta que el horno es alimentado con cobre blíster.
En este tiempo se sella la sangría con mezcla, se revisa condiciones de la tobera, de los tapones porosos, del quemador, del fogón, del ducto de gases, de la boca de carga, de la boca de escoreo, retiro de las tapas desde las canalas para reparación, etc.
Se inspecciona el horno y circuitos en general pa

ra asegurar la continuidad del proceso.

7.3. 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:

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

Principios de la refinación electrolítica

La aplicación de un potencial eléctrico entre un ánodo de cobre (electrodo positivo) y un cátodo de cobre (electrodo negativo), sumergidos en una celda que contenga una solución de sulfato de cobre ácida, origina que tengan lugar las siguientes reacciones y procesos:

a) El cobre del ánodo se disuelve electroquímicamente dentro de la solución con lo que se producen cationes de cobre, más electrones.

b) Los electrones producidos por la reacción, son conducidos hacia el cátodo a través del circuito y suministro de energía externo.

c) Los cationes Cu^{2+} en la solución, emigran por difusión y convección hacia el electrodo negativo (cátodo).

d) Los electrones y los iones Cu^{2+} se recombinan en la superficie del cátodo para producir el cobre metálico que se deposita sobre el cátodo.

En síntesis, se produce la disolución electroquímica del cobre en el ánodo, la emigración de electrones e iones de cobre hacia el cátodo, y el depósito de cobre sobre la superficie del cátodo.

La electro refinación se lleva a cabo mediante el sistema múltiple (paralelo), en el que ánodos y cátodos están intercalados eléctricamente en paralelo en el interior de la celda electrolítica. Con este sistema, todos los ánodos están a un solo potencial eléctrico y todos los cátodos están en otro potencial más bajo. Cada ánodo está colocado entre dos cátodos, de manera que se disuelven electroquímicamente a velocidad similar. Las celdas están conectadas en serie para formar secciones. Cada serie, de 26 a 42 celdas, constituye una parte independiente que puede ser aislada eléctrica y químicamente para las operaciones de colocación y retiro de electrodos, limpieza de residuos y mantenimiento.

Las secciones están conectadas eléctricamente para que la tensión total sea del orden de 100 a 250 V dependiendo del equipo de rectificación CA/CD de la planta. Las celdas de refinación electrolítica están hechas de concreto reforzado (en forma de bloques o de monolito), revestidas con plomo antimonial (de 3 a 6 % de Sb) o láminas de PVC blando.

Figura 42. Celdas de electro refinación. Codelco Norte

Procedimientos proceso electro refinación

La electro refinación comienza con el flujo de electrolito a través de la hilera o sección de celdas de la refinería recientemente limpiadas, seguida por la colocación en grupo de un conjunto completo de ánodos y cátodos en cada celda.
Una vez instalados los ánodos y cátodos, se conecta la energía eléctrica y el cobre se corroe gradualmente en los ánodos para depositarse sobre los cátodos. Lo usual es que un ánodo permita producir dos cátodos, proceso que se extiende por 12 a 14 días.

Al final de un ciclo, cada ánodo ha sido disuelto electroquímicamente en casi el 85 %. Los restos de los ánodos sin disolver (chatarra) se retiran de las celdas y después de lavados, se funden y se vuelven a vaciar como ánodos nuevos. Se retira el electrolito de las celdas y los residuos del ánodo se canalizan hacia un sistema de donde se recolectan y desde donde son transportados a la planta de recuperación de metales preciosos. Entonces comienza de nuevo el ciclo de refinación. Los cátodos finales pesan entre 100 y165 kg. lo que facilita su manejo posterior.

Repaso de 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.

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

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

- **Estrategia Metodológica**
  Los participantes guiados por el instructor de manera individual o de forma grupal deberán definir qué entiende por las diferentes etapas y secuencia del proceso pirometalúrgico del concentrado de cobre.

- **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	✓
Taller de trabajo	✓
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 N° 7**

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:

Nombre de la operación unitaria de la pirometalurgia del cobre	**Definición de la operación unitaria del proceso de fundición de concentrados de cobre**

Duración de la actividad	60 minutos.

4. **Cierre de la Actividad**

El instructor refuerza los conceptos y habilidades aprendidas, y comenta lo 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.

7.4. 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.

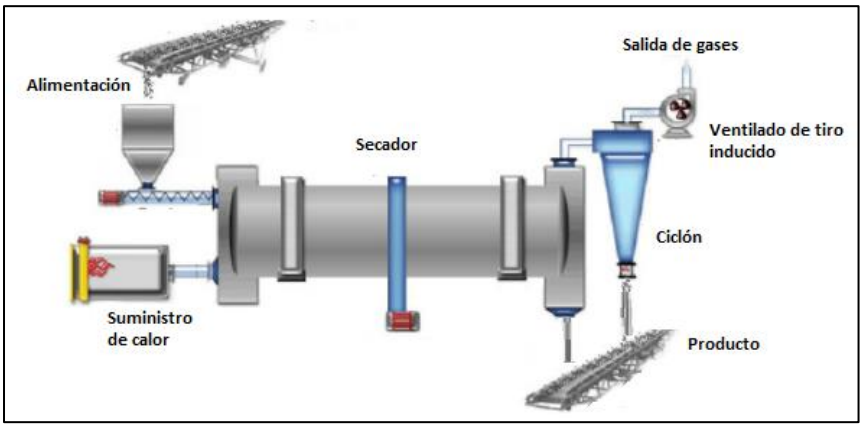


Figura 43. Secador

En los secadores adiabáticos los sólidos están expuestos al gas de alguna de estas formas:

1. El gas circula sobre la superficie de un lecho o una lámina del sólido, o bien sobre una o ambas caras de una lámina o película continua. Este proceso se llama secado con circulación superficial.

2. El gas circula a través de un lecho de sólidos granulares gruesos que están soportados sobre una rejilla. Recibe el nombre de secado con circulación a través. Como en el caso del secado con circulación superficial, la velocidad del gas se mantiene baja para evitar el arrastre de partículas sólidas.

3. Los sólidos descienden en forma de lluvia a través de una corriente gaseosa que se mueve lentamente, con frecuencia dando lugar a un arrastre no deseado de las partículas finas.

4. El gas pasa a través de los sólidos con una velocidad suficiente para fluidizar el lecho. Inevitablemente se produce arrastre de las partículas más finas.

5. Los sólidos son totalmente arrastrados por una corriente gaseosa de alta velocidad y neumáticamente transportados desde un dispositivo de mezcla hasta un separador mecánico.

En los secadores no adiabáticos el único gas a separar es el agua que se vaporiza, aunque en ocasiones se hace circular a través de la unidad una pequeña cantidad de "gas de barrido" (frecuentemente aire o nitrógeno). Los secaderos no adiabáticos difieren básicamente en la forma en la que los sólidos se exponen a la superficie caliente o a otra fuente de calor, pudiendo ser alguna de las siguientes:

1. Los sólidos se esparcen sobre una superficie horizontal estacionaria o que se desplaza lentamente y se "cuecen" hasta que se secan. El calor puede aplicarse por medio de un calentador radiante situado encima del sólido.

2. Los sólidos se mueven sobre una superficie caliente, generalmente cilíndrica, por medio de un agitador o un transportador de tornillo d de palas.

3. Los sólidos deslizan por gravedad sobre una superficie inclinada caliente o bien son transportados en sentido ascendente por la superficie y deslizándose posteriormente hasta una nueva localización.

Transmisión de calor en secadores

El secado de sólidos húmedos es, por definición, un proceso térmico. Aunque con frecuencia se complica por la difusión en el sólido o a través del gas, es posible secar muchos materiales simplemente calentándolos por encima de la temperatura de ebullición del líquido, tal vez bastante por encima con el fin de liberar las últimas trazas de material adsorbido. Por ejemplo, los sólidos húmedos pueden secarse con vapor de agua altamente sobrecalentado. En este caso no hay difusión, sino que el problema es exclusivamente de transmisión de calor. En el secado adiabático la difusión está casi siempre presente, pero con frecuencia la velocidad de secado está

controlada por la transmisión de calor en lugar de por la transferencia de materia. Muchos de los secaderos, tal vez la mayoría, se diseñan sobre la base exclusiva de consideraciones de transmisión de calor.

Mecanismos de transferencia de calor

La transferencia de calor es el estudio de las velocidades a las cuales el calor se intercambia entre fuentes de calor y recibidores, tratados usualmente de manera independiente. Los procesos de transferencia de calor se relacionan con las razones de intercambio térmico, tales como los que ocurren en equipo de transferencia de calor, tanto en ingeniería mecánica como en los procesos químicos. Este enfoque realza la importancia de las diferencias de temperatura entre la fuente y el recibidor, lo que es, después de todo, el potencial por el cual la transferencia de calor se lleva a efecto. Un problema típico de procesos de transferencia de calor involucra las cantidades de calor que deben transferirse, las razones a las cuales pueden transferirse debido a la naturaleza de los cuerpos, la diferencia de potencial, la extensión y arreglo de las superficies que separan la fuente y el recibidor, y la cantidad de energía mecánica que debe disiparse para facilitar la transferencia de calor. Puesto que la transferencia de calor considera un intercambio en un sistema**,** la perdida de calor por un cuerpo deberá ser igual al calor absorbido por otro dentro de los confines del mismo sistema**.**

El proceso por el que se intercambia energía en forma de calor entre distintos cuerpos, o entre diferentes partes de un mismo cuerpo que están a distinta temperatura. Por lo cual existen tres mecanismos de transferencia los cuales son:

- Conducción, en donde el calor pasa a través de la sustancia misma del cuerpo.
- Convección, en el cual el calor es transferido por el movimiento relativo de partes del cuerpo calentado.
- Radiación, mecanismo por el calor se transfiere directamente entre partes distantes del cuerpo por radiación electromagnética.

Aunque estos tres procesos pueden tener lugar simultáneamente, puede ocurrir que uno de los mecanismos predomine sobre los otros dos. Por ejemplo, el calor se transmite a través de la pared de una casa fundamentalmente por conducción, el agua de una cacerola situada sobre un quemador de gas se calienta en gran medida por convección, y la Tierra recibe calor del sol casi exclusivamente por radiación.

Transferencia de calor por conducción

La conducción es el modo de transferencia térmica en el que el calor se mueve o viaja desde una capa de temperatura elevada del cerramiento a otra capa de inferior temperatura debido al contacto directo de las moléculas del material. La relación existente entre la velocidad de transferencia térmica por conducción y la distribución de temperaturas en el cerramiento depende de las características geométricas y las propiedades de los materiales que lo constituyen, obedeciendo la denominada la Ley de Fourier.

En los sólidos, la única forma de transferencia de calor es la conducción. Si se calienta un extremo de una varilla metálica, de forma que aumente su temperatura, el calor se transmite hasta el extremo más frío por conducción. No se comprende en su totalidad el mecanismo exacto de la conducción de calor en los sólidos, pero se cree que se debe, en parte, al movimiento de los electrones libres que transportan energía cuando existe una diferencia de temperatura.

Transferencia de calor por convección

Cuando el aire de un ambiente se pone en contacto con la superficie de un cerramiento a una temperatura distinta, el proceso resultante de intercambio de calor se denomina transmisión de calor por convección.

Cuando exista una fuerza motriz exterior, como el viento, que mueva al aire sobre una superficie a diferente temperatura se producirá una convección forzada, que debido al incremento de la velocidad del aire se transmitirá una mayor cantidad de calor que en la convección libre para una determinada diferencia de temperatura. En el caso que se superpongan ambas fuerzas motrices, por ser de magnitudes semejantes, el proceso se denomina convección mixta.

El calentamiento de una habitación mediante un radiador no depende tanto de la radiación como de las corrientes naturales de convección, que hacen que el aire caliente suba hacia el techo y el aire frío del resto de la habitación se dirija hacia el radiador. Debido a que el aire caliente tiende a subir y el aire frío a bajar, los radiadores deben colocarse cerca del suelo y los aparatos de aire acondicionado cerca del techo para que la eficiencia sea máxima.

Transferencia de calor por radiación

Se denomina transmisión de calor por radiación cuando la superficie del cerramiento intercambia calor con el entorno mediante la absorción y emisión de energía por ondas electromagnéticas. Mientras que en la conducción y la convección era precisa la existencia de un medio material para transportar la energía, en la radiación el calor se transmite a través del vacío, o atravesando un medio transparente como el aire.

En el ambiente se puede considerar la presencia de radiaciones de onda corta, correspondiente al espectro de radiación visible e infrarrojo cercano, procedente de fuentes de elevada temperatura como el sol y el alumbrado artificial, para las cuales los cerramientos se comportan solo como absorbentes en función de una propiedad superficial denominada absorbancia.

La radiación presenta una diferencia fundamental respecto a la conducción y la convección: las sustancias que intercambian calor no tienen que estar en contacto, sino que pueden estar separadas por un vacío. La radiación es un término que se aplica genéricamente a toda clase de fenómenos relacionados con ondas electromagnéticas.

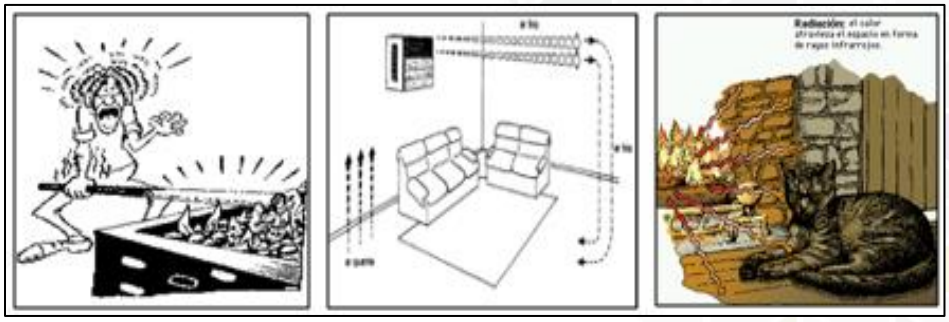


Figura 44. Transferencia de calor por conducción, por convección y por radiación

Repaso de Concepos Claves

SECADO DE SÓLIDOS	TRANSFERENCIA DE CALOR EN LOS SECADORES	MECANISMOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR
Consiste en separar pequeñas cantidades de agua o otro líquido de un material sólido con el fin de reducir el contenido de líquido residual hasta un valor aceptablemente bajo.	Es secado de sólidos húmedos es un proceso térmico. Aunque con frecuencia existe difusión de calor en el sólido o a través del gas, es posible secar muchos materiales simplemente calentándolos sobre la temperatura de ebullición del líquido.	Estos mecanismos son 3: - Conducción: en donde el calor pasa pasa a través de la sustancia misma del cuerpo. - Convección: en el cual el calor es transferido por el movimiento relativo de partes del cuerpo calentado. - Radiación: mecanismo por el cual el calor se transfiere directamente entre partes distantes del cuerpo por radiación electro magnética.

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

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

- **Estrategia Metodológica**
  Los participantes guiados por el instructor de manera individual o de forma grupal deberán definir conceptos aplicados en el secado de materiales sólidos, como concentrado de cobre.

- **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	✓
Taller de trabajo	✓
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 N° 8

<table>
<tr><th>Etapa</th><th>Especificaciones</th></tr>
<tr><td>Inicio</td><td>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.</td></tr>
<tr><td>Desarrollo de la actividad</td><td>El participante deberá definir los modos de transferencia de calor que se aplican en los tambores secadores, en la siguiente tabla:
<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></td></tr>
<tr><td>Duración de la actividad</td><td>60 minutos.</td></tr>
</table>

4. Cierre de la Actividad

El instructor refuerza los conceptos y habilidades aprendidas, y comenta lo 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.

7.5. 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 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°C desprende vapores y por encima de 200°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.

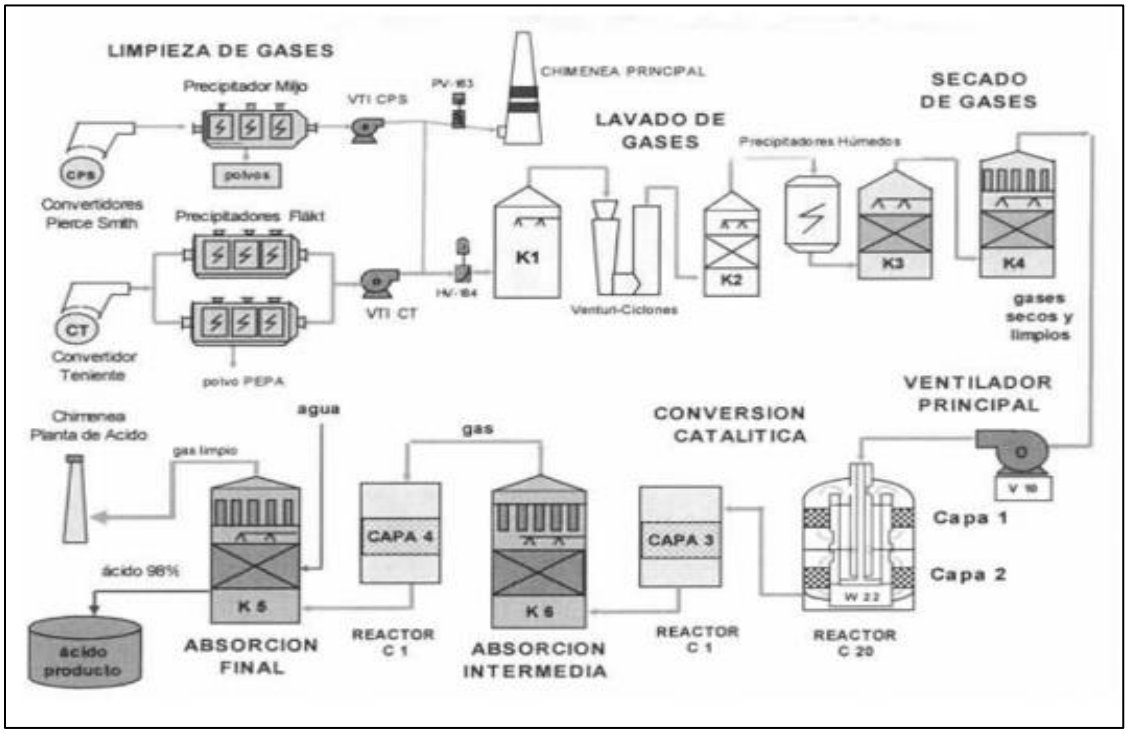


Figura 45. Diagrama de flujo planta de ácido sulfúrico. Codelco fundición Ventanas

Etapa de limpieza y secado de gases

Las etapas de limpieza húmeda y de secado están diseñadas para:

- Captar los gases desde la boca de los convertidores de la fundición, con eficiencias de captación de 90 y 95% respectivamente.

- Conducir los gases desde la fundición hacia las etapas de limpieza de gases mediante ventiladores de tiro inducido (VTI).

- Retirar desde los gases las partículas sólidas arrastradas desde la fundición mediante precipitadores electroestáticos.

Los gases en la fundición son captados, tras su paso por las Torres de Acondicionamiento de la fundición desde los convertidores mediante sistemas de gases independiente.
Cada sistema de gases consta de ventiladores de tiro inducido que conducen los gases a través de un ducto de alta velocidad hasta los precipitadores electrostáticos en los que se retira el polvo contenido.
A la salida de los precipitadores los gases pasan a través de los VTI y son descargados con contenidos de polvo menores. Luego se unen los gases de ambos sistemas y se conducen hacia la siguiente etapa de Lavado de Gases. En caso de existir un excedente de gases, este puede ser descargado a la atmosfera mediante la chimenea principal utilizando válvulas de gases para este efecto.
Los gases llegan generalmente limpios de polvos desde la salida de la limpieza seca y con una temperatura baja. Sin embargo, estos gases aún pueden llevar finas partículas sólidas y compuestos gaseosos que deben ser removidos antes de ingresar a la planta de contacto, donde se produce la conversión catalítica de SO_2 a SO_3.
La limpieza húmeda, que generalmente se realiza en un lavador Venturi (scrubber), permite eliminar la mayor parte de los contaminantes al contactar el gas con una solución de lavado con lo cual se produce una acidificación de la solución y una disolución de los compuestos gaseosos no deseados. Esta disolución debe ser removida ya sea por descarte de parte de la solución de lavado o por neutralización y precipitación. Los efluentes líquidos y/o sólidos producidos en la limpieza húmeda de los gases contienen arsénico y otros metales y deben ser manejados y dispuestos en forma adecuada.

Una vez que los gases producidos en el convertidor llegan a la planta de ácido, se inicia la etapa de limpieza y enfriamiento con el ingreso a la Torre de Humidificación de los gases a temperaturas que bordean los 375°C y un contenido aproximado de dióxido de azufre (SO_2), del 12%.

En la torre de humidificación los gases son rociados en contracorriente con ácido débil de 5.7 g/l de ácido sulfúrico mediante toberas ubicadas en la parte superior. Como resultado del contacto directo entre los gases y el ácido débil, se produce un enfriamiento adiabático de los gases hasta 66 °C y capta la mayoría de las impurezas de polvo presentes en los gases.
El ácido débil rociado a la torre de humidificación es impulsado por bombas. Además de las toberas de inyección de ácido débil, existen toberas de inyección de agua, estas se utilizan en caso de un aumento excesivo de temperatura, donde los gases son rociados con agua almacenada en un recipiente de emergencia. En la torre de humidificación existe un stripper de efluente, donde se rebalsa el líquido excedente del proceso de enfriamiento, enviándolo a continuación a la Planta de Tratamiento de Efluente.

El flujo de gases de salida de la torre de humidificación ingresa por la parte superior del Lavador de Flujo Radial en contracorriente con un flujo de ácido a 57°C. El lavador dispone de un plato plano perpendicular al flujo de gases, el cual puede variar su posición, permitiendo ajustar el flujo de gases de acuerdo a un rendimiento esperado para la captación de partículas finas.
El ácido diluido se recoge en el pozo del secador y se recircula mediante bombas de ácido. El exceso de líquido obtenido se envía a la torre humidificación por gravedad. Los gotas arrastrados por los gases son retenidas por un atrapa gotas, evitando así su ingreso a la Torre de Enfriamiento de Gases.
Luego, del atrapa gotas los gases ingresan a la Torre de Enfriamiento, aquí los gases húmedos son enfriados desde los 65.8 °C hasta los 35°C. El líquido de enfriamiento es ácido sulfúrico diluido que ingresa a 25°C en contracorriente con los gases y se riega en forma uniforme sobre el relleno de la Torre. El ácido de lavado se recircula previo enfriamiento en dos intercambiadores de calor de placa, utilizando agua como agente enfriamiento.

Posteriormente los gases ingresan a la última fase de enfriamiento y limpieza en los Precipitadores Electrostáticos Húmedos. El objetivo en esta fase es eliminar completamente la neblina ácida remanente, es decir, las gotas de ácido sulfúrico que viajan con el gas saturado y, además eliminar algunas impurezas sólidos de mayor tamaño que resultarán perjudiciales para los equipos de las áreas de conversión y absorción.
Los precipitadores están compuestos por un banco de electrodos concéntricos (tubos). Cada tubo, a su vez está compuesto por dos electrodos, un electrodo de precipitado y un electrodo de ionización. En su recorrido la niebla y las partículas se van cargando eléctricamente y son sometidas a un campo eléctrico de alto voltaje de 15.000 volts, efecto por el cual migran hacia el electrodo de precipitación.

El gas frio proveniente de la Torre de Enfriamiento se divide uniformemente en cada una de las etapas de precipitadores e ingresa por abajo al primer grupo de precipitadores en paralelo y luego ingresa por arriba al segundo grupo de la serie. El ácido débil contaminado, resultante de la etapa de enfriamiento y limpieza de gases que concluye en los Precipitadores Electrostáticos Húmedos se canaliza en contracorriente al sentido del gas y se evacuas a la Planta de Tratamiento de Efluentes, previa recuperación del SO_2 absorbido en el Stripper de SO_2 de la Torre de Humidificación.
Los gases salen de los precipitadores a temperaturas del orden de 35°C para ingresar a la Torre de Secado. En esta Torre los gases se ponen en contacto en contracorriente con ácido al 96% y a una temperatura de 55 °C, fluyendo sobre un lecho relleno de material cerámico. El contacto directo de los gases aún húmedos con ácido, genera una reacción exotérmica como consecuencia de la absorción de la humedad de los gases por parte del ácido, lo que aumenta la temperatura de ambos. De esta forma la temperatura de salida de los gases es del orden de los 55°C y del ácido utilizado es del orden de los 90°C.

Una fracción del ácido utilizado en el secado del gas, pasa por una etapa de captación del SO_2, absorbido. Para ello, se utiliza un Stripper en el cual una corriente de aire permite retornar el SO_2, diluido a la corriente gaseosa de ingreso a la Torre de Secado. Cabe destacar, que una parte de ácido almacenado en la Torre de Secado, puede destinarse al estanque de ácido de la Torre de Absorción para disminuir la concentración de ácido que se emplea en esta última, el que aumenta su concentración debido a la absorción del SO_3.
Luego el gas seco es impulsado por un soplador principal que tiene por objetivo proveer de energía necesaria para el transporte del flujo de gases a través de la Planta de Ácido, desde la fundición hasta la etapa final de absorción del SO_3 y producción de ácido sulfúrico (H_2SO_4). La compresión de los gases los calienta desde los 55° a 100 °C, temperatura a la cual ingresan a la etapa de conversión.

Después de la etapa de limpieza húmeda, los gases pasan por una etapa de secado que consiste en contactar en contracorriente el flujo de gases húmedos con una solución concentrada de ácido sulfúrico que permite absorber toda la humedad del gas. Generalmente se utiliza una fracción del ácido producido por la misma planta.
La Sección de Secado de Gases está diseñada para retirar la humedad y el vapor de mercurio remanente desde el flujo de gas. Para cumplir su cometido se dispone de Torres con relleno cerámico, en las cuales el flujo de gas fluye hacia arriba a través del relleno, en contacto con un flujo de ácido sulfúrico que escurre hacia abajo. Las funciones de estas Torres son:

Torre de secado primario: Esta Torre remueve el 90% del vapor de agua desde el gas saturado y enfriado que viene de los Precipitadores Electrostáticos Húmedos. El agua es absorbida por ácido sulfúrico que es circulado dentro de la Torre.
La absorción del vapor de agua por el ácido desprende calor haciendo que aumente la temperatura del ácido circulante. Este calor es removido del ácido por enfriadores de ácido tipo placa.

Torre desecado secundario:
Esta torre remueve el vapor de agua restante como asimismo cualquier vapor de mercurio que pudiera estar presente en el gas que sale de la Torre de Secado Primario. El vapor de agua y el mercurio son absorbidos por ácido sulfúrico que es circulado dentro de la torre. El gas seco que sale de esta torre pasa a través de un filtro eliminador de neblina ubicado en la parte superior de la Torre para remover cualquier gota de ácido retenida en el gas. En el caso de esta Torre hay tan poca agua a remover del flujo de gas que la pequeña cantidad de calor generada es llevada por el gas que sale de la parte superior de la torre por lo cual no se requiere un enfriador de ácido.
A continuación de las torres de secado el gas pasa por sopladores de gases, instalados en paralelo. El soplador principal es el que mueve los gases a través de la Planta. La finalidad del soplador secundario es solamente para servicio auxiliar.
El Soplador Principal provee suficiente succión para extraer el gas de la Fundición y suficiente

presión de descarga para forzar el gas a través de los equipos en que está compuesta la Sección de Contacto. La capacidad del Soplador principal es regulada mediante el ajuste de la abertura de las aspas de la válvula de succión ubicada en la zona de aspiración de gases.

Conversión de SO_2 a SO_3.

La planta de contacto es el módulo principal de una planta de ácido y es allí donde el dióxido de azufre que transportan los gases se convierte a trióxido de azufre en presencia de un catalizador. La reacción de oxidación es una reacción de equilibrio:

$$SO_2 + \frac{1}{2} O_2 = SO_3$$

Dentro del Convertidor, el catalizador (pentóxido de vanadio), promueve la reacción de SO_2 con O_2 para formar SO_3. Esta reacción es exotérmica, y el gas sale del primer lecho catalizador a alrededor de 625° C con aproximadamente un 55% del SO_2 original convertido a SO_3.
El equilibrio depende de la temperatura y la conversión es mayor a baja temperatura. Como la reacción es exotérmica, es necesario enfriar los gases para lograr una mayor conversión global.
Para mantener una buena operación es fundamental tener una buena limpieza de los gases debido a que los contaminantes, como por ejemplo el arsénico, pueden producir una desactivación de los catalizadores con lo cual no se alcanza el equilibrio y disminuye la conversión global.

Los gases limpios y secos ingresan al área de Conversión, en donde el SO_2 y oxígeno (O_2) presentes reaccionan para formar el SO_3. El promotor de esta reacción es un catalizador con aproximadamente 8% de pentóxido de vanadio (V_2O_5) y el resto sílice.
El gas que sale del Soplador Principalpasa porlos Intercambiadores de calor en donde se calienta hasta la temperatura requerida de reacción y enseguida entra al primer lecho catalizador del Convertidor. Dentro del Convertidor, el catalizador pentóxido de vanadio, promueve la reacción de SO_2 con O_2 paraformar $S0_3$. Esta reacción es exotérmica, y el gas sale del primer lecho catalizador a alrededor de 625°C. con aproximadamente un 55%del SO_2 original convertido a SO_3.

El gas es enfriado entonces en el intercambiador de calor antes de entrar al segundo lecho catalizador. El gas se calienta en el segundo lecho catalizador al ocurrir la reacción del SO2 a SO3 y es nuevamente enfriado a medida que pasa a través del intercambiador antes de entrar a los terceros lechos catalizadores en paralelo en el Convertidor.
El gas que sale del tercer lecho es enfriado en los intercambiadores de calor con aire donde se enfría a alrededor de 210°C para ser enviado a la Torre de Absorción Intermedia, en donde todo el S03 es absorbido.

Absorción del SO_3

La última operación unitaria consiste en absorber el trióxido de azufre con agua para obtener el ácido sulfúrico. La reacción producida es la siguiente:

$$O_3 + H_2O = H_2SO_4$$

El ácido sulfúrico obtenido es generalmente de alta concentración (96 a 98,5% en peso) y contiene bajas concentraciones de impurezas. Luego que el gas ha pasado por las etapas de impureza, secado y conversión debe ingresar a la última etapa del proceso: Absorción y producción del ácido sulfúrico.
El gas ingresa a Torres de Absorción con una temperatura aproximada de 200°C y es sometido a contacto con un lecho relleno en contracorriente con ácido sulfúrico de 98.5% de concentración. El SO_3 contenido en los gases reacciona con el agua existente en el ácido sulfúrico, para así formar ácido sulfúrico. La absorción del SO_3 da como resultado un aumento en la concentración del ácido hasta 99.0 %.

Los gases de salida de la Torre de Absorción, pasan por un filtro de velas de alta eficiencia para atrapar neblinas de ácido y gotas que puedan estar contenidas en ellos, proceso previo a su descarga a la atmósfera por la chimenea de la planta a una temperatura aproximada de 62°C. El eliminador de neblina remueve las gotas de ácido retenidas en el gas como asimismo cualquier neblina muy fina. Así el gas que es expulsado por la chimenea contiene menos de 1.200 ppm de $S0_2$ y esencialmente nada de SO_3 o neblina ácida.

El ácido producto se toma desde la torre de absorción como ácido sulfúrico al 98.5%, o dela Torre de Secado como ácido sulfúrico al 96%. En ambos casos se lleva el ácido producto al estanque de ácido de circulación en la Torre de Absorción, el cual se impulsa hacia un enfriador para alcanzar una temperatura final de 35°C, para su almacenamiento y despacho.
Además existe la altenativa de enviar una fracción del ácido de la Torre de Absorción al estanque de Torre de Secado para aumentar la concentración de ácido en esta Torre. El ácido producto se almacena en estanques con una concentración de 96 a 98,5% dependiendo de los requerimientos del los clientes y de la concentración alcanzada. La producción de ácido sulfúrico esta relacionada con las condiciones máximas de SO_2 .

El producto final de la planta de ácido abastece a los estanques de almacenamiento, con capacidades nominales según el diseño de planta. Finalmente y en relación al sistema de enfriamiento de agua utilizado en la Planta, éste es realizado por la Torre de Enfriamiento. Esta torre posee ventiladores de enfriamiento seteado a un 80% de capacidad. Enfría las zonas de los intercambiadores de placa de la Torre de Enfriamiento y el enfriamiento de los intercambiadores del estanque de ácido producto y a los de las Torres de Secado, Absorción y Soplador Principal.

7.6. 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 46. Retiro de ánodos a electro refinación desde cancha de almacenamiento

Repaso de Conceptos Claves

CARACTERÍSTICAS DEL ÁCIDO SULFÚRICO

Es un líquido viscoso, de densidad 1,84 gr/cc a 98% de pureza, incoloro cuando se encuentra puro. Se calienta por encima de 30° C desprendiendo vapores.

Tiene gran afinidad con el agua, por esta razón extrae el agua de las materias orgánicas, carbonizándolas.

Bastante corrosivo sobre los metales.

Genera hidrógeno molecular, gas altamente inflamable.

PRINCIPALES ETAPAS DE LA PLANTA DE ÁCIDO SULFÚRICO

Los gases metalúrgicos provenientes de la fundición, pasan por las siguientes etapas:

- Etapa de limpieza de gases.
- Etapa de lavado de gases.
- Etapa de secado de gases.
- Etapa de conversión catalítica.
- Etapa de absorción.

ETAPA DE ABSORCIÓN DEL SO_3

Es la ultima operación unitaria en la planta de ácido sulfúrico y consiste en absorver el trióxido de azufre (SO3) con agua para obtener el ácido sulfúrico (H2SO4).

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

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

- **Estrategia Metodológica**
  Los participantes guiados por el instructor de manera individual o de forma grupal deberán definir qué entiende por las diferentes etapas y secuencia del proceso de fabricación de ácido sulfúrico por medio de los gases metalúrgicos de fundición..

- **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	✓
Taller de trabajo	✓
Otros (especificar)	

1. **Objetivo**

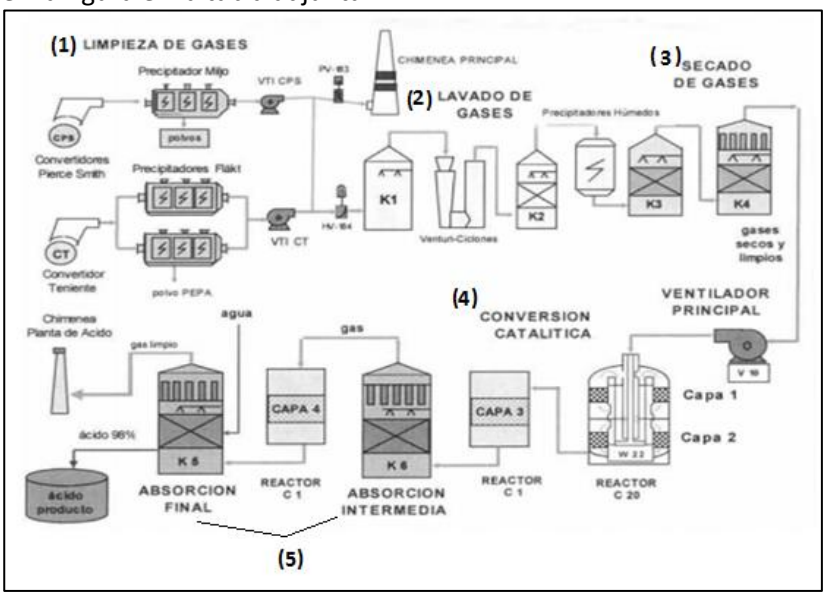
   - Identificar conceptos de las etapas y secuencia de la producción del ácido sulfúrico, a partir de los gases metalúrgicos extraídos de la etapa de fusión y conversión de la fundición de concentrados de cobre.

2. **Materiales y recursos**

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

3. Descripción de la Actividad N° 9

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 lo 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	MODELO DE GESTIÓN PROVEEDORES-PROCESO-CIENTES	COSTOS
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.	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 costos dentro del modelo proveedores-procesos-clientes son los controladores del proceso, ya que son los mejores indicadores de su estado.

Introducción

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.

8.1. 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.

Repaso de Conceptos Claves

PROCESO PRODUCTIVO	MODELO DE GESTIÓN PROVEEDORES-PROCESO-CIENTES	COSTOS
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.	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 costos dentro del modelo proveedores-procesos-clientes son los controladores del proceso, ya que son los mejores indicadores de su estado.

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

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

- **Estrategia Metodológica**
  Los participantes guiados por el instructor de manera individual o de forma grupal deberán definir el conjunto de actividades sobre las cuales interactúan diversos factores internos y externos que permitirán obtener productos de calidad.

- **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	✓
Taller de trabajo	✓
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 N° 10**

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 lo requerido en la siguiente tabla:

Factor de la Actividad del proceso minero	**Forma de interactuar del factor productivo en el proceso productivo.**
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 lo 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 qwue cumplan o superen las expectativas de sus clientes internos y externos. Estos factores va 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	COSTOS ASOCIADOS AL NEGOCIO MINERO EN OPERACIÓN	CLASIFICACIÓN DE LOS COSTOS SEGÚN EL GRADO DE VARIABILIDAD DEL NEGOCIO MINERO
Las etapas de inversión son: - Exploración. - Cuantificación de reservas. - Estudio de factibilidad. - Financiamiento. - Desarrollo y construcción.	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.	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.

Introducción

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.

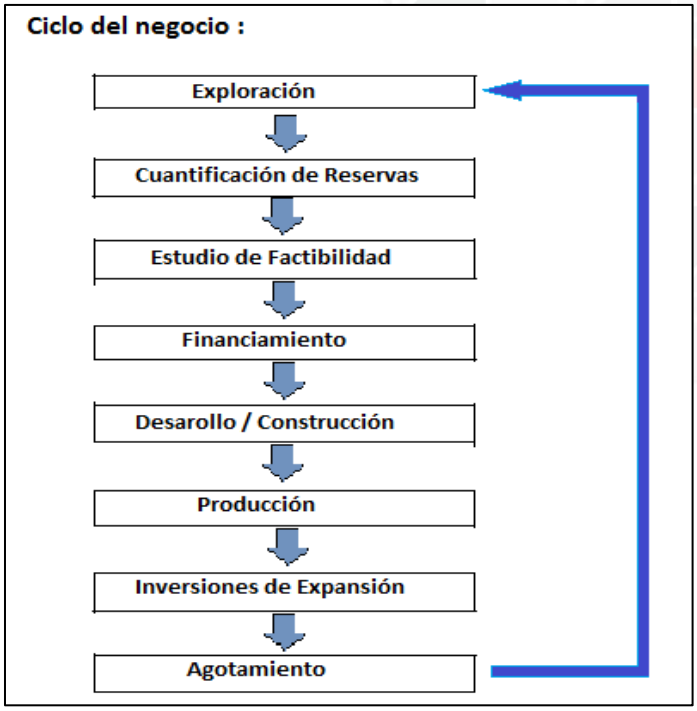


Figura 43. Ciclo del negocio minero

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

9.1. Etapas de la inversión

a) Exploración

Es el conocimiento geológico del yacimiento mineral, ya que determina su valor económico bajo las circunstancias actuales del mercado minero mundial. La exploración supone un elevado riesgo económico, principalmente derivado éste del hecho de realización cierta de gastos que solamente se recuperan en caso de que la exploración minera tenga éxito y derive en una explotación minera fructífera.

b) Cuantificación de reservas

Cuantificar y categorizar las reservas minerales, que inducen a la apertura de una mina, dependiendo de la evaluación técnica, bajo los conceptos de utilidad y rentabilidad económica

c) Estudio de factibilidad

El estudio de factibilidad implica:

- **Evaluación técnica**,la cual consiste si existe el proceso y tecnología apropiados para explotar el yacimiento.
- **Evaluación económica**, la cual consiste en evaluar si se obtendrán utilidades económicas por la explotación propiamente tal.

d) Financiamiento

Toda actividad productiva requiere de un capital asociado a la inversión. Para esto se puede contar con **capital propio** o **capital proporcionado por sus accionistas**, o también, puede conseguirlo en el sistema financiero, es decir, a través de los bancos u otras entidades (capital prestado).

e) Desarrollo y construcción

Una vez tomada la decisión de invertir se inicia la etapa de explotación que incluye la preparación y desarrollo del yacimiento, la **construcción de las plantas** y su puesta en marcha. En este período se demandan los mayores montos de **inversión** y es aquel en el que la inversión destinada a obras de infraestructura tiene una fuerte participación.

9.2. Costos asociados al negocio minero en operación

a) Producción

Una vez construida en su totalidad la planta de beneficio del mineral, viene el proceso de elaboración o de obtención de productos.

El costo es el gasto económico que representa la obtención de un producto o la prestación de un servicio, dicho en otras palabras, el costo es el esfuerzo económico (el pago de salarios, la compra de materiales, la fabricación de un producto, la obtención de fondos para la financiación, la administración de la empresa, etc.) que se debe realizar para lograr un objetivo operativo, en palabras simples *"Se define como el recurso que se sacrifica, o al que se renuncia para alcanzar un objetivo específico ".*

b) Inversiones de expansión de la empresa

Las inversiones de expansión son aquéllas que incorporan nuevos elementos a los ya existentes para incrementar la capacidad productiva de la empresa, destinada para dar respuesta a una mayor demanda o en incrementar el potencial mercado, mediante la producción de nuevos productos o la captación de nuevos mercados.

c) Agotamiento de los recursos

El agotamiento de los recursos minerales no renovables o de las materias primas cuya extracción resulta cada vez más costosa, resulta en un encarecimiento progresivo de las diferentes etapas de extracción y beneficio. Las empresas mineras continuamente están realizando prospecciones en busca de nuevos yacimientos para mantener o aumentar los niveles de producción.

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.

Repaso de 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.

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

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

- **Estrategia Metodológica**
  Los participantes guiados por el instructor de manera individual o de forma grupal deberán definir los ciclos del negocio minero, asociando conceptos económicos de inversión y conceptos económicos de la empresa en operación.

- **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	✓
Taller de trabajo	✓
Otros (especificar)	

1. **Objetivo**

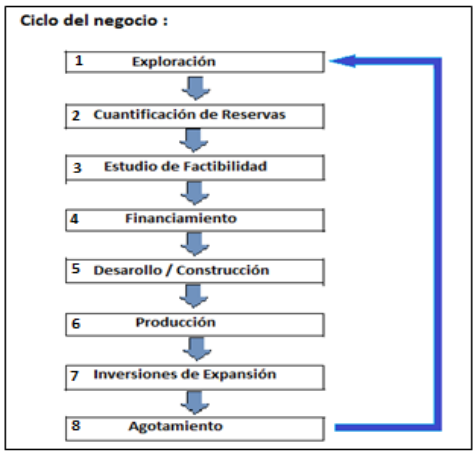
   - Identificar conceptos de evaluación económica en las etapas de inversión y en la etapa de operación del proceso productivo. .

2. **Materiales y recursos**

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

3. Descripción de la Actividad N° 11

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 l 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 refuerza los conceptos y habilidades aprendidas, y comenta lo resultados de las actividades desarrolladas, explicando además la importancia del entendimiento de los conceptos económicos de inversión (costos de inversión) y de los conceptos económicos de la etapa de producción, involucrados en cada etapa del ciclo del negocio.

MÓDULO:

INTRODUCCIÓN A LA COORDINACIÓN DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO

MÓDULO: INTRODUCCIÓN A LA COORDINACION DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO

10. Plan de mantenimiento anual

Aprendizaje esperado: Distinguir los trabajos de mantenimiento, que se deban establecer en un listado para un plan de trabajo. (back-log de notificaciones)

Conceptos Claves

PROGRAMA DE TRABAJO	BACKLOG DE TRABAJOS PENDIENTES	MANTENIMIENTO	PAUTAS
Las acciones y/o actividades a ejecutar, con fechas de ejecución y recursos para cumplir actividades.	Listado de actividades pendientes que entrega el sistema de administración del mantenimiento establecido (Work management de SAP).	Acciones que tienen como objetivo preservar un activo, restaurarlo a un estado en el cual pueda llevar a cabo la función requerida.	Listado de instrucciones de las actividades a ejecutar en un determinado equipo, esta facilita el entendimiento del cómo llevar a cabo la tarea.

Introducción

La consolidación de la industria y la competencia mundial están poniendo a las plantas de hoy día bajo una intensa presión financiera. Los presupuestos de las operaciones y mantenimiento están entre los primeros que se recortan. Se espera que menos personal que trabaje menos horas opere y mantenga más equipo a bajo costo. Al mismo tiempo, también se espera que entreguen un rendimiento (throughput) más alto, más disponibilidad y más ganancias con activos que se hacen viejos.

Esta tendencia no muestra signos de cambio. Por lo tanto, las plantas deben incrementar la productividad de sus equipos de operaciones y mantenimiento existentes, mientras continúan buscando maneras de reducir los costos aún más.

El plan de mantenimiento, generalmente es un listado de actividades en un año (52 semanas).

Estas actividades son agregadas al listado de acuerdo a la estrategia planteada por la empresa, los requerimientos indicados por el vendedor, los espacios generados en el plan de producción.

Este último es muy importante, dado que se tiende a no tomar en cuenta la capacidad y disponibilidad del conjunto productivo (ej. Planta de chancado), si el plan de producción supera las capacidades del conjunto productivo, no habrá tiempo para ejecutar la estrategia de mantenimiento del activo.

10.1 Programa de mantención

Los programas de mantenimiento muestran las tareas y/o Actividades de Mantenimiento programadas con fecha exacta para su intervención, generalmente se realizan basados en un periodo, en equipos que necesitan intervenciones en intervalos cortos de tiempo, muchos programas reflejan además todos los recursos necesarios para la ejecución de la tarea, el tiempo de inicio y fin de cada actividad, los riesgos involucrados en cada tarea.

Las fuentes de obtención de las tareas y/o actividades son varias, Los criterios utilizados para la selección de actividades en el programa de trabajo periódico deben ser fundamentalmente aquellos que permitan la continuidad operacional del conjunto de equipos de la planta, así como también aquellos que permitan una confiabilidad y disponibilidad requeridas para el programa de producción.

Otra fuente de información para el programador, lo constituye la notificación o el aviso del sistema, donde vienen descritos los recursos y herramientas asociadas a la tarea, y cuando existe se asocia una tasklist (en SAP) con mayor información.

De este modo el área de análisis y mejoramiento de la gerencia de mantención tiene un rol importante en el poder guiar las actividades requeridas para corregir desviaciones de los equipos y recomendar las estrategias a utilizar, mantenimiento predictivo, preventivo, proactivo.

También es válido utilizar la estrategia de mantenimiento reactivo (“a la falla”), para algún equipo de la planta.

10.2 Pautas de mantenimiento

Es recurrente encontrar que la detención o falla de un equipo tiene origen en alguna acción equivocada del hombre. Calificado como error humano, muchas veces resulta ser el tope en la mejora de confiabilidad del sistema, siendo entonces este tan confiable como el nivel de control que se tenga sobre las acciones humanas.

Por otro lado, desde un punto de vista de la mantenibilidad, es un hecho que una correcta definición de las actividades de mantenimiento, herramientas, insumos y repuestos aseguran un

tiempo de ejecución acotado; sin mencionar lo vital que es la comprensión del trabajo a realizar, aspectos técnicos y seguridad son valiosos para el personal con menos experiencia.

Siempre es bueno contar con pautas que sean muy detalladas, y que abarquen una enorme cantidad de información. Sin embargo, se torna difícil, en las típicas circunstancias de trabajo, donde el tiempo apremia, poder leer todo el documento.

Para un fácil entendimiento de la tarea a realizar se debe contar con una pauta que incluya resúmenes de aspectos como: Codificación de repuestos, Recursos Humanos, Seguridad, Procedimientos, Ajustes, Herramientas, Repuestos, Anexos y Videos en caso que esta sea multimedia, recursos compartidos (camión pluma, grúa, manlift, etc.)

Para disminuir los tiempos muertos del mantenedor (aumentar el Time onTool), se pueden usar recursos on line (acceso remoto) a través de una Tablet, usando multimedia para ver videos etc.

Recibir órdenes de trabajo, revisar pautas de mantenimiento, realizar el chequeo de tareas y cierre las notificaciones y avisos en terreno, esto evita gastar tiempo en desplazamientos y búsqueda de documentos para ejecutar estas actividades. (ej.SAPFiori)

10.3 Instructivos de mantenimiento del vendedor.

En esta sección vamos a establecer que la información del vendedor del equipo es fundamental, para generar las actividades y estrategias de mantenimiento.

En esta información que entrega el vendedor de sus equipos, siempre vienen incluidos:

Todos los aspectos de seguridad de la operación y puesta en marcha del equipo, Ficha técnica donde se indican datos de capacidad, potencia, tensión con sus capacidades.

Cuando se trata de activos industriales, la puesta en marcha siempre está a cargo del contratista que lo montó, y esta acción se realiza en conjunto con ingenieros del representante de la marca.

Se establece un equipo de puesta en marcha llamado comissioning (traducido al español Puesta en marcha), donde deben participar activamente representantes de: Operaciones, Ingenieros de confiabilidad, Ingenieros de ejecución del mantenimiento, Ingenieros de planificación.

En este equipo se entregan manuales y recomendaciones del vendedor para el mantenimiento, el equipo de mantención debe de generar las estrategias de mantenimiento, y en base a esto, generar el procedimiento, basado en la información (instrucciones del vendedor)

Las instrucciones del vendedor, son genéricas, los ingenieros de mejoramiento, a través del ciclo de mejora continua deben ir mejorando las actividades y estrategias de mantenimiento.

Si durante el ciclo de puesta en marcha del equipo, este sufrió alguna modificación para adaptarlo a las condiciones del lugar de montaje (a veces afecta la altura geométrica), el vendedor debe

entregar los planos “as built” que contengan todas las modificaciones (De control, software, eléctricas, hidráulicas, mecánicas), estas deben estar certificadas por el fabricante o su representante (Vendedor).

Como ejemplo de lo descrito anteriormente, podemos citar el instructivo de mantenimiento del vendedor, cuando compramos un nuevo auto para uso personal.

10.4 Listado de órdenes de trabajo pendientes (Back log de mantención)

Una de las excusas que comúnmente escuchamos como razón por la cual las organizaciones de mantenimiento no pasan de un ambiente reactivo a uno planificado es el agobiante trabajo que tiene su personal día a día. De hecho, muchas iniciativas de Planificación y Programación de mantenimiento generalmente fracasan por no tener la capacidad ni la voluntad de poder balancear efectivamente la

El manejo de la carga de trabajo (Works Management) a través del uso eficiente del personal para completar a tiempo las tareas que aportan valor a la organización es uno de los principales objetivos de un sistema de planificación y programación de mantenimiento. Mantener un balance perfecto entre la carga de trabajo y los recursos disponibles que eviten que los trabajos diferidos se incrementen progresivamente y generen situaciones de deterioro, desorden y frustración en el interior de las plantas debe ser su enfoque principal.

Una eficiente estimación de los recursos (mano de obra, herramientas, materiales y repuestos) unido a un sistema de mantenimiento, que soporte esta actividad, debería ser suficiente para dar una respuesta a este reto, sin embargo la realidad del manejo de la carga de trabajo va mucho más allá de esto, factores como: capacitación del personal, edad de los equipos, programas de mantenimientos mal diseñados, cambio en los procesos productivos, ineficiente sistema de asignación de prioridades, cultura organizacional y hasta factores ambientales, pueden echar al bote de la basura estas iniciativas.

A pesar de estas consideraciones, el ingeniero de planificación, debe de mantener en control el tipo de Tos que no se han ejecutado, revisar el impacto, y acordar qué órdenes incluir en el programa periódico de mantenimiento.

Esto debe realizarlo en la reunión de pre-programación en conjunto con operaciones, ejecución y el ingeniero de confiabilidad. De este modo priorizar la OTs, e ir integrándolas al programa.

Back log en ingles significa “Acumulación de trabajo no completado”, y es la más clara definición de lo que significa este término en el ámbito de la planificación y programación de mantenimiento. El Back log no es más que el trabajo que ha sido planificado pero que no se ha programado, el trabajo planificado y programado pero que no se ha ejecutado o aquel que se ha iniciado, pero no se ha completado.

Las OTs que componen el back log son: Actividades de tipo mantenimiento preventivo (PM) o predictivo (PdM), notificaciones generadas en inspecciones y otras relativas a la seguridad, que son generadas por el personal con el estatus adecuado en el sistema. Estas OTs, sobre todo las de primeras prioridades relativas a condiciones de seguridad, deben ser tomadas en cuenta para ser seleccionadas en el programa. (Ejemplo: Cambiar una baranda, cambiar un sector del piso de una plataforma etc.)

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

Actividad: Identificación de los trabajos de mantenimiento para establecer un listado.

- **Estrategia Metodológica**
  Los participantes guiados por el instructor de manera individual o de forma grupal deberán definir conceptos aplicados en el secado de materiales sólidos, como concentrado de cobre.

- **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	✓
Taller de trabajo	✓
Otros (especificar)	

1. **Objetivo**

- Identificar Actividades de mantenimiento para agregar al programa de trabajo

2. **Materiales y recursos**

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

3. Descripción de la Actividad

Etapa	Especificaciones
Inicio	Los participantes, guiados por el instructor, deben aplicar los criterios desarrollados para la selección de tareas a programar en un corto plazo. Forman grupos con un número de integrantes acorde al total de participantes que asisten a la actividad de aprendizaje. (2 a 5 participantes promedio).
Desarrollo de la actividad	**El instructor debe seguir las siguientes indicaciones para el desarrollo de la actividad con los participantes:** Los participantes revisan un listado de trabajos pendientes (back log) y seleccionan tres tareas para el programa de la semana siguiente. Deben de seleccionar aquellas tareas que tienen un instructivo del vendedor. (indicado en el listado) **Confeccionan un informe** entregable para su revisión. Los resultados son revisados y comentados por el instructor. Se da término a la actividad. Participantes realizan orden y limpieza del sector, si así es necesario.
Duración de la actividad	30minutos.

4. Cierre de la Actividad

El instructor refuerza los conceptos y habilidades aprendidas, y comenta lo resultados de las actividades desarrolladas.

11. Plan de producción de operaciones.

Aprendizaje esperado: Comprender que los plazos dados a las actividades de mantenimiento toman en cuenta: tiempos especificados en el plan de producción, instrucciones del vendedor, recursos disponibles, el procedimiento o instructivo para la tarea.

Conceptos Claves

MANTENIMIENTO ACTIVO	CADENA PRODUCTIVA
Equipos industriales utilizados en la cadena productiva. Equipos a los que apunta la gestión de mantenimiento.	Todos los equipos de producción, que están relacionados directamente con esa unidad productiva.

Introducción:

El plan de producción de una empresa productora de concentrado de cobre, tiene por objetivo establecer las metas de producción (en toneladas de Lb finas de cobre metálicas o no metálicas) de la empresa.

Es relevante la importancia de este plan, debido a que, en base a este plan, se diseñan los flujos de caja anual de la empresa, se determinan los ingresos por ventas etc.

El plan debe de contemplar las capacidades del equipo, los tiempos del programa de mantenimiento de 52 semanas, los tiempos de mantención de los equipos de chancado, que alimentan a las plantas concentradoras (El planificador debe tener en cuenta todas estas variantes al momento de generar su plan de mantenimiento semanal.

11.1 Espacios de tiempos disponibles para el mantenimiento de activos.

El planificador, debe de mantener constante contacto con el planificador de la producción, e invitarlo para que exponga la situación de la semana en ese sector del horizonte que se realizará el plan, de modo de saber conocer claramente del espacio de tiempo que dispondrá en el periodo de planificación.

11.2 Activos de la cadena productiva.

El concepto de cadenas productivas se refiere, en su sentido más estricto, a todas las etapas comprendidas en la elaboración, distribución y comercialización de un bien o servicio hasta su consumo final. En otras palabras, se puede analizar una cadena productiva desde una perspectiva

de los factores de producción. Es un conjunto de agentes económicos que participan directamente en la producción, transformación y el traslado hacia el mercado de un mismo producto. Tiene como principal objetivo localizar las empresas, las instituciones, las operaciones, las dimensiones y capacidades de negociación, las tecnologías, las relaciones de producción y las relaciones de poder.

Nos enfocaremos en la cadena productiva de plantas concentradoras, en la cual los activos, dentro de una línea productiva se encuentran en serie. Omitiremos en este enfoque, la comercialización el consumo del producto.

Las plantas concentradoras, generalmente disponen de una o más líneas productivas. El programador debe tener en claro los límites de batería de estas líneas que generalmente el input es desde el stock pile del chancador primario hasta el estanque de almacenamiento de concentrado final si corresponde, o hasta que el concentrado de mineral se encuentre en la bodega del barco.

Esta instancia le entrega al planificador una completa visión de los equipos que participan directamente en el ciclo de producción, y a los cuales la gestión de mantenimiento debe de apuntar, si existen equipos de apoyo etc.

12. Matriz de riesgo de Mantenimiento.

Aprendizaje esperado: Identificar actividades a verificar en terreno.

Conceptos Claves

MEDIDAD DE CONTROL DE RIESGO	PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO	RIESGO RESIDUAL	COMPETENCIAS DEL EQUIPO DE TRABAJO
Control de riesgos indicados en la matriz de riesgos de mantenimiento.	Instrucciones técnicas y de seguridad.	Riesgo tolerado por la organización.	Conocimientos teóricos, prácticos (habilidad) y actitud frente a las diferentes tareas de un equipo de mantenimiento.

Introducción

Toda actividad humana, por muy simple que sea, conlleva un riesgo, ya que la actividad exenta de ello representa la inmovilidad total. Si todos nos quedamos en nuestros hogares haciendo nada y se detuviese toda actividad productiva y de servicios, aun así, existiría el riesgo, menor, pero existiría, por lo cual el riesgo cero no es posible.

Definimos el riesgo como la combinación de la probabilidad de que ocurra un evento o exposición peligrosa, y la severidad de la lesión o enfermedad que puede ser causada por el evento o exposición. También corresponde a la probabilidad de que un peligro, existente en una actividad determinada durante un período definido, ocasione un incidente con severidades factibles de ser estimadas.

Afortunadamente, se está produciendo en el último tiempo un cambio de visión en la gestión de los riesgos, basada en la identificación, monitoreo, control, medición y divulgación de los mismos, todo a través de la “matriz de riesgos”, ya que gestionar eficazmente los riesgos para garantizar resultados concordantes con los objetivos estratégicos de la organización, se está constituyendo en uno de los mayores retos.

La Matriz de Riesgos es una herramienta de gestión que permite determinar objetivamente cuáles son los riesgos relevantes para la seguridad y salud de los trabajadores que enfrenta una organización.

Una matriz de riesgos constituye una herramienta de control y de gestión normalmente utilizada para identificar, el tipo y nivel de riesgos inherentes a las actividades, en este caso de

mantenimiento, y los controles de estos riesgos para evitar que los mantenedores se enfrenten al riesgo puro de las tareas.

12.1 Medidas de control de riesgos de la tarea.

Estas medidas, generalmente se encuentran indicadas en el procedimiento seguro de trabajo.

La obligación del equipo de mantención es implementar todas las medidas de control antes de iniciarlo, y la del supervisor es verificar que estas medidas se encuentren implementadas.

Es por esto, que cobra importancia que el programador indique los riesgos de la tarea en el programa, y haga referencia al procedimiento si este existe, de otro modo debe de hacer referencia a la construcción del análisis de riesgos de la tarea ART.

12.2 Procedimientos de trabajo.

Estos documentos, pueden contener las pautas de mantenimiento, pero en general están orientados al control de los riesgos de ejecución de la tarea.

Generalmente son indispensables para la ejecución segura del trabajo y una buena guía para el programador.

Establece normas y control de los riesgos en el paso a paso de la tarea a ejecutar.

Reduce los riesgos potenciales a los cuales está expuesto el trabajador.

Permite conocer el grado de cualificación, competencia, certificación y capacitación de los trabajadores, que requieren para la ejecución.

Permite conocer los recursos, herramientas, y equipos requeridos para ejecutar la tarea.

Permite conocer las responsabilidades de cada una de las personas de la línea administrativa en la ejecución de esa tarea.

Permite conocer los EPP requeridos para la tarea.

En caso de no existir un procedimiento de trabajo para una tarea, el supervisor de ejecución y el equipo de mantención deben de confeccionar en terreno un Análisis seguro de la tarea (AST) donde en una columna se lista paso a paso la ejecución de la tarea, en otra los riesgos identificados, y en la tercera columna los controles que se deben implementar para neutralizar el riesgo.

12.3 Riesgo residual.

Es aquel riesgo que subsiste, después de haber implementado controles. Es importante advertir que el nivel de riesgo al que está sometido una actividad, nunca puede erradicarse totalmente. Por ello, se debe buscar un equilibrio entre el nivel de recursos y mecanismos que es preciso dedicar

para minimizar o mitigar estos riesgos y un cierto nivel de confianza que se puede considerar suficiente (nivel de riesgo aceptable).

El riesgo residual puede verse como aquello que separa a la tarea de la seguridad absoluta. El riesgo residual es aquél que permanece después de que se implementen en forma eficaz los controles de riesgo de la tarea, recomendados en la matriz de riesgos para mitigar el riesgo inherente (puro). El riesgo Residual debe ser medido, y tolerado de acuerdo a un estándar. La matriz de riesgo, generalmente recomienda uso de procedimiento de trabajo seguro y otros. Es importante implementar estos controles para que solamente quede el riesgo residual tolerado que se indica en la matriz.

12.4 Instructivos de trabajo.

Más arriba indicamos alguna referencia de los instructivos de trabajos del vendedor, los cuales son relevantes a la hora de ejecutar un servicio de mantenimiento al equipo.

Sucede, a menudo, que no se cuenta con información del vendedor para realizar o ejecutar un servicio de mantención, entonces debe de existir una pauta de trabajo realizada por el personal competente y con experiencia en el mantenimiento de ese equipo.

Esta pauta debe de contener indicaciones de control de los riesgos, y el cómo ejecutar las tareas en forma clara, además de las herramientas, equipos y repuestos necesarios para la ejecución, aunque no es un AST, también contiene advertencias de riesgos que se generan en la ejecución.

12.5 Competencias del personal de mantenimiento.

Otro de los aspectos relevantes que debe de tener en cuenta el programador son las competencias del personal que integra el equipo de mantenimiento, al hablar de competencias nos referimos al conocimiento, habilidad y actitud del trabajador.

Para la ejecución de una tarea de mantenimiento, se requiere personal con varios conocimientos diferentes, ej.: soldador, electricista, instrumentista, mecánico hidráulico etc.

Esta información debe de estar ordenada y de fácil acceso, para ello se utiliza generalmente una matriz de competencias, la cual tiene muchas finalidades y es utilizada también por el área de RRHH en orden de generar las bandas salariales, programas de capacitación etc.

En este estudio solo nos referiremos al uso que le dará el programador.

Competencia es el resultado de tres características combinadas: conocimiento, habilidad y actitud. Conocimiento es lo que sabemos, lo que aprendemos a lo largo de nuestras vidas; habilidad es la capacidad de colocar nuestro conocimiento en práctica y actitud es la pro actividad, el querer colocar nuestro conocimiento en práctica.

El equipo de mantenimiento debe de estar definido de acuerdo a los objetivos de la gerencia de mantención y por ende ser un apalancador de la planificación estratégica de la empresa.

El área de mantenimiento debe tener definida estas competencias para su equipo de mantención, y con esta definición se debe confeccionar una matriz de doble entrada donde estén listadas las competencias y por otro lado el nombre del trabajador.

Esto facilita al programador verificar si existen competencias en el área para realizar una tarea con personal propio, o si debe de contratar un servicio externo para realizar una tarea.

También esta matriz facilitará el requerimiento de capacitación para el área de mantenimiento.

12.6 Matriz de herramientas críticas de mantenimiento.

En un área de mantenimiento, existen varias herramientas críticas de acuerdo a la necesidad de especialización de la persona que opera el equipo, como por ejemplo herramientas multiplicadoras de torque, torques hidráulicos, máquinas extrusoras, equipos oxicorte, meggers, etc.

Estas herramientas requieren que sus operadores certifiquen sus competencias para usarlas para tener una certeza de mantener controlados los riesgos propios de los equipos (riesgos inherentes).

Con estos datos, se debe de construir una matriz de doble entrada, en la cual se informe qué personal cuenta con las competencias para operar este tipo de equipos, de modo de facilitar al programador el acceso a esta información.

12.7 Verificar calidad de ejecución.

Como todo el proceso de mantenimiento se basa en el ciclo (conocido como Deming o PDCA, plan, do Check, act), el proceso de construir un plan y ejecutarlo no escapa a este ciclo.

Como última etapa de construir el plan, está el proceso de control de la ejecución del plan, con el objetivo de verificar si la ejecución se está llevando a cabo de acuerdo a pautas y procedimientos citados en el plan o la orden de trabajo de la tarea.

12.8 Ejecución V/s pauta de trabajo.

Esta acción La realiza el Ingeniero de mejoras en conjunto con el programador y el supervisor del equipo de mantenimiento que ejecuta la tarea, observando en terreno si existe alguna desviación de la ejecución con respecto a la pauta de mantención, procedimiento u orden de trabajo. En caso de alguna desviación, se deberá tomar una acción mitigadora de esta, u otras acciones que pudiesen contemplar, inclusive, el modificar la pauta o procedimiento.

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

Actividad: Verificación de los riesgos de las tareas seleccionadas anteriormente en la matriz de riesgos.

- **Estrategia Metodológica**
  Los participantes guiados por el instructor de manera individual o de forma grupal deberán definir conceptos aplicados en el secado de materiales sólidos, como concentrado de cobre.

- **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	✓
Taller de trabajo	✓
Otros (especificar)	

1. **Objetivo**

- Identificar riesgos de las tareas seleccionadas, riesgo residual, competencias requeridas para la tarea

2. **Materiales y recursos**

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

3. Descripción de la Actividad

Etapa	Especificaciones
Inicio	Los participantes, guiados por el instructor, deben verificar los riesgos de la tarea, los controles para los riesgos, revisar las competencias requeridas para ejecutar la terea. Forman grupos con un número de integrantes acorde al total de participantes que asisten a la actividad de aprendizaje. (2 a 5 participantes promedio).
Desarrollo de la actividad	**El instructor debe seguir las siguientes indicaciones para el desarrollo de la actividad con los participantes:** Los participantes de sus tareas seleccionadas, deben revisan si existe procedimiento, identificar los riesgos y controles de estos. Revisar si se requieren competencias especiales de los ejecutores. **Confeccionan un informe** entregable para su revisión. Los resultados son revisados y comentados por el instructor. Se da término a la actividad. Participantes realizan orden y limpieza del sector, si así es necesario.
Duración de la actividad	40 minutos.

4. Cierre de la Actividad

El instructor refuerza los conceptos y habilidades aprendidas, y comenta lo resultados de las actividades desarrolladas.

13. Programa de recursos compartidos

Aprendizaje esperado: Definir información relevante para la asignación de recursos humanos y materiales a las actividades de mantenimiento.

Conceptos Claves	
RECURSOS COMPARTIDOS	STOCK DE REPUESTOS
Todos los equipos que utilicen las diferentes áreas de una organización productiva, y su área de mantención.	Repuestos críticos de mantenimientos.

Introducción

Hemos indicado que, en toda organización de mantenimiento, existen restricciones presupuestarias, con el objetivo de mantener bajos los costos generales de mantención.

Los recursos de mantención, como: Grúas móviles, camiones, camiones plumas articulados y telescópicos, grúas horquillas, manlift, side boom, etc. Son equipos costosos para contratarlos o comprarlos y tenerlos sub utilizados en una sola área, por lo que las organizaciones productivas los adquieren o contratan estos servicios para atender varias áreas.

Generalmente, en las organizaciones existe un área (gerencia de servicios operacionales por ej.) que los administra y genera un programa de estos recursos.

En este caso, los recursos compartidos serán todos los equipos que utilicen las diferentes áreas de una organización productiva, y su área de mantención.

13.1 Elementos del plan de recursos compartidos.

Los equipos a los que hacemos referencia son: Camiones, camiones plumas, grúas móviles, grúas horquillas, manliftetc., compresores portátiles de remolque, generadores portátiles de remolque, grupos de iluminación autógenos, side boom, etc.

13.2 Uso del plan de recursos compartidos para programar tareas.

El programador, debe tener conocimiento de este programa, para poder asignar recursos a su plan de mantenimiento, dependiendo de los recursos que requiera cada tarea.

Este programa de recursos compartidos, entonces tiene una gran relevancia para que el área de ejecución pueda realizar las tareas programadas.

13.3 Repuestos Disponibles para la mantención de activos.

Los dos objetivos principales de un área de mantenimiento, son los costos y la disponibilidad de equipos para cumplir con el programa de mantenimiento.

Los costos más importantes del departamento de mantenimiento, lo constituye el consumo de repuestos. (Aprox. 75% repuestos, 25% recursos).

Por otro lado, el efecto financiero (flujo de caja, capital detenido), y el estricto control económico que las organizaciones realizan sobre los presupuestos, implican políticas de reducción de costos y por ende de reducción de stock de repuestos.

Esta situación demanda que el área de mantención, gestione cuidadosamente sus repuestos en el periodo del presupuesto, esta gestión implica la identificación de equipos críticos con sus repuestos, y el periodo de uso de estos. (Stock de repuestos críticos)

Recordemos que una mala gestión de stock de repuestos puede ocasionar carencia de estos al requerirlos, con un gran impacto en la disponibilidad.

13.4 Revisión de stock de repuestos desde el sistema.

El programador debe tener conocimiento de los repuestos requeridos en las actividades de mantenimiento del programa, estos requerimientos se encuentran en las hojas de ruta del sistema, pautas, en las descripciones de las notificaciones etc.

Un sistema de apoyo de stock, debe estar disponible para el programador, supervisor de ejecución, y en general quien lo consulte.

En este sistema se realizan los requerimientos de repuestos para las actividades del programa.

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

Actividad: Revisión de un plan de recursos compartidos, para verificar disponibilidad de equipos móviles para realizar el mantenimiento

- **Estrategia Metodológica**
  Los participantes guiados por el instructor de manera individual o de forma grupal deberán definir conceptos aplicados en el secado de materiales sólidos, como concentrado de cobre.

- **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	✓
Taller de trabajo	✓
Otros (especificar)	

1. Objetivo

- Comprender que se debe de verificar este tipo de recursos, para seleccionar las actividades para el programa de trabajo. (Si no existe un plan de recursos compartidos, se debe considerar arriendo de los equipos necesarios)

2. Materiales y recursos

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

3. Descripción de la Actividad

Etapa	Especificaciones
Inicio	Los participantes, guiados por el instructor, deben verificar los recursos especiales que requieran las tareas seleccionadas. Forman grupos con un número de integrantes acorde al total de participantes que asisten a la actividad de aprendizaje. (2 a 5 participantes promedio).
Desarrollo de la actividad	**El instructor debe seguir las siguientes indicaciones para el desarrollo de la actividad con los participantes:** Los participantes, de las tareas seleccionadas, deben verificar si las tareas seleccionadas, además requieren de recursos especiales para ejecutar. Revisar si requieren repuestos y si estos se encuentran en stock. **Confeccionan un informe** entregable para su revisión. Los resultados son revisados y comentados por el instructor. Se da término a la actividad. Participantes realizan orden y limpieza del sector, si así es necesario.
Duración de la actividad	60 minutos.

4. Cierre de la Actividad

El instructor refuerza los conceptos y habilidades aprendidas, y comenta lo resultados de las actividades desarrolladas. Comentarios: Lo comentado anteriormente con respecto al tema de matriz de riesgos.

MÓDULO:

COORDINAR ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO

MÓDULO: COORDINAR ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO

14. Plan de mantenimiento anual.

Aprendizaje Esperado: Seleccionar los trabajos de mantenimiento, que se deban establecer en un listado para un plan de trabajo. (back-log de notificaciones)

Conceptos Claves		
PROGRAMA DE TRABAJO	LISTADO DE TRABAJO PENDIENTE	PAUTAS DE MANTENIMIENTO
Actividades a ejecutar Recursos necesarios.	Entregado por workk management de SAP.	Instructivos del Vendor Pautas del sistema, procedimientos.

Resumen de contenidos

Los programas de mantenimiento muestran las tareas y/o Actividades de Mantenimiento programadas con fecha exacta para su intervención, generalmente se realizan basados en un periodo, en equipos que necesitan intervenciones en intervalos cortos de tiempo, muchos programas reflejan además todos los recursos necesarios para la ejecución de la tarea, el tiempo de inicio y fin de cada actividad, los riesgos involucrados en cada tarea.

Las fuentes de obtención de las tareas y/o actividades son varias, Los criterios utilizados para la selección de actividades en el programa de trabajo periódico deben ser fundamentalmente aquellos que permitan la continuidad operacional del conjunto de equipos de la planta, así como también aquellos que permitan una confiabilidad y disponibilidad requeridas para el programa de producción.

Otra fuente de información para el programador, lo constituye la notificación o el aviso del sistema, donde vienen descritos los recursos y herramientas asociadas a la tarea, y cuando existe se asocia una tasklist (en sap) con mayor información.

ACTIVIDAD

Actividad de Aprendizaje:

- Seleccionar 3 actividades de un listadoutilizando los criterios explicados en clases

Objetivo

- Identificar Actividades de mantenimiento para agregar al programa de trabajo.

Materiales y recursos

- Listado de trabajos pendientes
- Procedimiento o instructivo de trabajo

Estrategias metodológicas para el instructor:

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

Estrategia de Implementación de Actividades de Aprendizajes:

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

INSTRUCCIONES

Inicio

Los participantes, guiados por el instructor, revisan un listado de trabajos pendientes (back log) y seleccionan tres tareas para el programa de la semana siguiente.
Deben de seleccionar aquellas tareas que tienen un instructivo del vendedor. (Indicado en el listado)
Formar grupos con un número de integrantes acorde al total de participantes que asisten a la actividad de aprendizaje. (2 a 5 participantes promedio)
Desarrollo de la actividad

El instructor debe seguir las siguientes indicaciones para el desarrollo de la actividad con sus participantes:

PROCEDIMIENTO DE LA ACTIVIDAD:

Entregar indicaciones de seguridad y velar por la adecuada aplicación de los controles críticos. El instructor es responsable de la correcta identificación, evaluación y controles de riesgos en relación a la actividad.

Organizados en grupo o individual:

A) El instructor refuerza los conceptos de selección de las actividades
B) El instructor solicita a los participantes que ejecuten el ejercicio, y facilista la lista de trabajos pendientes, además de indicar si tiene pautas la actividad.
C) Los participantes deben entregar al instructor los ejercicios en un archivo.

- Los resultados son revisados y comentados por el instructor.
- Se da término a la actividad.
- Participantes realizan orden y limpieza del sector, si así es necesario.

Cierre de la actividad

Al finalizar la actividad, el instructor refuerza los conceptos de la Unidad.Reflexión en conjunto acerca de los resultados de la actividad y conceptos claves:

- **Programa de trabajo**
- **Listado de trabajos pendientes**
- **Pautas de mantenimiento**

Duración de la actividad
50 minutos.

RESUMEN

Generalmente las actividades tienen asociado directamente (por sistema), una pauta o task list, por otro lado, ejecución tiene procedimientos para efectuar las actividades, pero en caso de que no esxistan los documentos mencionados, el programador debe de especificar la confección de un AST.

15. Matriz de riesgo de Mantenimiento.

Aprendizaje Esperado: Identificar actividades a verificar en terreno.

Conceptos Claves		
MEDIDAS DE CONTROL DE RIESGOS	PROCEDIMIENTO DE TRABAJO	COMPETENCIAS DEL EQUIPO DE TRABAJO
Indicar el programa de trabajo, los riesgos y sus controles de acuerdo a la matriz de riesgos del área.	Recomendar el uso de procedimiento (si lo indica la matriz de riesgos), para ejecución del trabajo. Recomendar uso de AST.	Conocimiento teórico prácticos.

Resumen de contenidos

Toda actividad humana, por muy simple que sea, conlleva un riesgo, ya que la actividad exenta de ello representa la inmovilidad total. Si todos nos quedamos en nuestros hogares haciendonada y se detuviese toda actividad productiva y de servicios, aun así existiría el riesgo, menor pero existiría, por lo cual el riesgo cero no es posible.

Definimos el riesgo como la combinación de la probabilidad de que ocurra un evento o exposición peligrosa, y la severidad de la lesión o enfermedad que puede ser causada por el evento o exposición. También corresponde a la probabilidad de que un peligro, existente en una actividad determinada durante un período definido, ocasione un incidente con severidades factibles de ser estimadas.

Afortunadamente, se está produciendo en el último tiempo un cambio de visión en la gestión de los riesgos, basada en la identificación, monitoreo, control, medición y divulgación de los mismos, todo a través de la “matriz de riesgos”, ya que gestionar eficazmente los riesgos para garantizar resultados concordantes con los objetivos estratégicos de la organización, se está constituyendo en uno de los mayores retos.

La Matriz de Riesgos es una herramienta de gestión que permite determinar objetivamente cuáles son losriesgos relevantes para la seguridad y salud de los trabajadores que enfrenta una organización.

Una matriz de riesgos constituye una herramienta de control y de gestión normalmente utilizada para identificar, el tipo y nivel de riesgos inherentes a las actividades, en este caso de mantenimiento, y los controles de estos riesgos para evitar que los mantenedores se enfrenten al riesgo puro de las tareas.

Actividad de Aprendizaje:

- Verificar riesgos de las tareas seleccionadas para el programa de mantenimiento, en la matríz de riesgos.

Objetivo

- Identificar riesgos de las tareas seleccionadas, riesgo residual, competencias requeridas para la tarea.

Materiales y recursos

- Listado de trabajos pendientes
- Matriz de riesgos.
- Matriz de competencias

Estrategias metodológicas para el instructor:

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

Estrategia de Implementación de Actividades de Aprendizajes:

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

INSTRUCCIONES

Inicio

Los participantes, guiados por el instructor, deben verificar los riesgos de la tarea, los controles para los riesgos, revisar las competencias requeridas para ejecutar la terea. (Utilizando la matriz de riesgos u otra fuente)

Formar grupos con un número de integrantes acorde al total de participantes que asisten a la actividad de aprendizaje. (2 a 5 participantes promedio)
Desarrollo de la actividad

El instructor debe seguir las siguientes indicaciones para el desarrollo de la actividad con sus participantes:

PROCEDIMIENTO DE LA ACTIVIDAD:

Entregar indicaciones de seguridad y velar por la adecuada aplicación de los controles críticos. El instructor es responsable de la correcta identificación, evaluación y controles de riesgos en relación a la actividad.

Organizados en grupo o individual:

A) El instructor refuerza los conceptos de selección de las actividades
B) El instructor solicita a los participantes que ejecuten el ejercicio, y facilita la matriz de riesgos y de competencias.
C) Los participantes deben entregar al instructor los ejercicios en un archivo.

- Los resultados son revisados y comentados por el instructor.
- Se da término a la actividad.
- Participantes realizan orden y limpieza del sector, si así es necesario.

Cierre de la actividad

Al finalizar la actividad, el instructor refuerza los conceptos de la Unidad.Reflexión en conjunto acerca de los resultados de la actividad y conceptos claves:

- **Control de riesgos**
- **Procedimientos de trabajo**
- **Competencias**

Duración de la actividad
60 minutos.

RESUMEN

Es importante que el programador conozca y menciones los riesgos de las tareas programadas, de modo que el ejecutor aplique los controles de estos al ejecutar.

16. Revisión de un plan de recursos compartidos, para verificar disponibilidad de equipos móviles

Aprendizaje Esperado: Seleccionar información relevante para la asignación de recursos humanos y materiales a las actividades de mantenimiento.

Conceptos Claves

RECURSOS COMPARTIDOS	STOCK DE REPUESTOS
Recursos que son utilizados transversalmente por otras áreas de la cia.	Conocer el SIA que administra el proceso de mantención.

Resumen de contenidos

Hemos indicado que en toda organización de mantenimiento, existen restricciones presupuestarias, con el objetivo de mantener bajos los costos generales de mantención.

Los recursos de mantención, como: Grúas móviles, camiones, camiones plumas articulados y telescópicos, grúas horquillas, man-lift, side boom, etc. Son equipos demasiado caros para contratarlos o comprarlos y tenerlos sub utilizados en unasola área, por lo que las organizaciones productivas los adquieren o contratan estos servicios para atender varias áreas.

Generalmente, en las organizaciones existe un área (gerencia de servicios operacionales por ej.) que los administra y genera un programa de estos recursos.

Los dos objetivos principales de un área de mantenimiento, son los costos y la disponibilidad de equipos para cumplir con el programa de mantenimiento.

Los costos más importantes del departamento de mantenimiento, lo constituye el consumo de repuestos. (Aprox. 75% repuestos, 25% recursos).

Por otro lado, el efecto financiero (flujo de caja, capital detenido), y el estricto control económico que las organizaciones realizan sobre los presupuestos, implican políticas de reducción de costos y por ende de reducción de stock de repuestos.

ACTIVIDAD

Actividad de Aprendizaje:

- Los participantes, guiados por el instructor, deben verificar los recursos especiales que requieran las tareas selecionadas. (recursos del plan de recursos compartidos)

Objetivo

Comprender que se debe de verificar este tipo de recursos, para seleccionar las actividades para el programa de trabajo. (si no existe un plan de recursos compartidos, se debe considerar arriendo de los equipos necesarios)

Materiales y recursos Cuaderno del participante

PC y proyector

Acceso a Internet

Plan de recursos compartidos

Estrategias metodológicas para el instructor:

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

Estrategia de Implementación de Actividades de Aprendizajes:

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

INSTRUCCIONES

Inicio

Los participantes, guiados por el instructor, deben verificar los recursos especiales que requieran las tareas seleccionadas.
Formar grupos con un número de integrantes acorde al total de participantes que asisten a la actividad de aprendizaje. (2 a 5 participantes promedio)
Desarrollo de la actividad

El instructor debe seguir las siguientes indicaciones para el desarrollo de la actividad con sus participantes:

PROCEDIMIENTO DE LA ACTIVIDAD:

Entregar indicaciones de seguridad y velar por la adecuada aplicación de los controles críticos. El instructor es responsable de la correcta identificación, evaluación y controles de riesgos en relación a la actividad.

Organizados en grupo o individual:

D) El instructor refuerza El concepto de recursos compartidos
E) El instructor solicita a los participantes que ejecuten el ejercicio, y facilita el modelo de plan de recursos compartidos
F) Los participantes deben entregar al instructor los ejercicios en un archivo.

- Los resultados son revisados y comentados por el instructor.
- Se da término a la actividad.
- Participantes realizan orden y limpieza del sector, si así es necesario.

Cierre de la actividad

Al finalizar la actividad, el instructor refuerza los conceptos de la Unidad.Reflexión en conjunto acerca de los resultados de la actividad y conceptos claves:

- **Recursos compartidos.**
- **Stock de repuestos.**

Duración de la actividad
60 minutos.

RESUMEN

Es importante que el programador conozca los recursos requeridos para ejecutar la tarea, aunque este conocimiento debe de entregarlo el supervisor de ejecución, el programador debe dar a conocer la disponibilidad de estos.

Comentarios:

Una de las actividades transversales de este módulo, es: l*a enseñanza de la matriz de riesgos de un área, esta metodología debe ser conocida por todos los supervisores de un área, de mantención:*

- Ingeniero de confiabilidad
- Ingeniero de ejecución de mantención
- Ingenieros de planificación.

Esto no existe en los módulos indicados en la base documental.

Para que el alumno demuestre que entiende lo que es una matriz de riesgos, debe:

- Ser evaluado en: (KPI)
- Concepto de MR Matriz de riesgos
- Evaluación del riesgo
- Riesgo Puro
- Riesgo residual
- Controles recomendados

MÓDULO:

INTRODUCCIÓN A LA PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO

MÓDULO: INTRODUCCIÓNA LA PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO

17. Reunión de pre programación

Aprendizaje esperado:

Distinguir actividades que se ejecutarán en el programa de mantenimiento utilizando el criterio de continuidad operacional.

Conceptos Claves

REUNIÓN DE PRE PROGRAMACIÓN	REUNIÓN DE PROGRAMACIÓN	CIERRE DE PROGRAMA
Actividades propuestas para el programa. Quienes deben asistir a la re unión de pre- programación.	Presentación de propuesta del programa.	Congelamiento del programa. Difusión del programa a los stake holders.

Introducción

Sobrevivir en un mercado altamente competitivo como el actual, requiere de mucho esfuerzo por parte de todo el recurso humano de una organización; desde la alta dirección, hasta los operadores; requiere también, del ingenio de estrategias contundentes que logren la captación de clientes potenciales, y más aún de estrategias que busquen la satisfacción continúa de las necesidades de los clientes actuales. Es por todo lo anterior, que las organizaciones día a día buscan implementar acciones que apunten al logro de los objetivos propuestos. Estas acciones deben implementarse en todas las áreas funcionales de ésta, de tal forma que haya sinergia y se obtengan buenos resultados. Sin duda alguna, todas estas acciones traen consigo, la utilización de tecnología, representada en una mayor mecanización de los procesos productivos, que exige un gran esfuerzo del personal encargado de mantener en buen estado los activos usados para el desarrollo de las actividades de producción de la organización. Justo en este momento, adquiere mayor importancia el área de mantenimiento, debido a que es el responsable de la conservación en buen estado, de los activos de producción.

Surge entonces la necesidad de implementar un tipo de mantenimiento acorde a las necesidades y que permita el logro de los objetivos planteados en el tiempo previsto, cumpliendo con el plan de producción y entregando un servicio de mantenimiento de activos de clase mundial (world class).

Por medio del mantenimiento de los activos de producción, se logra la reducción de fallas, que podrían ocasionar retrasos en las actividades de la empresa, además se maximiza la utilización, la disponibilidad y se logra aumentar la confiabilidad.

En el programa de mantenimiento, se deberán tener en cuenta, no sólo los aspectos técnicos, sino también los relacionados a la gestión y organización, considerando factores económicos, de seguridad y medio ambiente. La necesidad del mantenimiento se basa en que, la normal operación de los activos implica desgastes y deterioros inherentes a esta operación durante su vida útil, que, si no se mantienen, o se eliminan, impacta en el rendimiento disminuyendo su vida útil y funcionalidad, lo que a su vez conlleva a que se vea afectado el logro de los objetivos de una organización.

Por otra parte, por medio de la implementación de este programa de mantenimiento, se les brinda mayor seguridad a los operadores de las maquinas al momento de maniobrarlas; este es uno de los principales objetivos de este tipo de mantenimiento, reduciendo así los índices de accidentalidad en la empresa. Un programa de mantenimiento preventivo, es definitivamente una herramienta de gestión de activos efectiva.

En orden de implementar el programa, la gerencia de operaciones y de mantenimiento, deben de establecer 2 reuniones que debe liderar planificación.

Una de estas es la de pre programación, donde el programador hace una propuesta del programa y sus actividades, obtenidas de acuerdo a la estrategia de mantenimiento implementada, al back-log de órdenes de trabajo, a las notificaciones existentes en el sistema, las cuales una vez acordadas son transformadas en órdenes de trabajo.

Los imprevistos de urgencia, generalmente los administra el supervisor, y no son programados, solo ejecutados (Imprevistos que involucran condiciones de seguridad para las personas y para los activos).

En esta reunión, el planificador, presenta también, los recursos que tendrá ejecución, para el desarrollo del programa, recursos humanos, recursos compartidos, herramientas especiales etc.

A continuación, se enumeran algunos puntos que la propuesta del programa de mantenimiento no puede omitir:

Tipo de mantenimiento que se va a llevar a cabo.

Fecha y el lugar donde se va a desarrollar el trabajo.

Indicar y acordar el tiempo previsto en que los equipos van a estar disponibles para mantención.

Determinación de los equipos que van a ser sometidos a mantenimiento

Señalización de áreas de trabajo y áreas de almacenamiento.

Stock de equipos y repuestos con que cuenta el almacén

Inventario de herramientas y equipos necesarios para cumplir con el trabajo.

Planos, diagramas, información técnica de equipos.

Plan de seguridad frente a imprevistos.

Riesgos de las actividades que contiene la propuesta de programa, y sus controles.

17.1 Personas que participan en la reunión

Las personas que participarán en la reunión de pre programación y programación, en ambos casos son las mismas para ambas reuniones (pre programación y programación). A continuación, se indica un listado de las personas que al menos debiesen asistir:

Planificadores (Todos los involucrados en el Plan: producción, mantenimiento, y de las empresas de servicio)

Supervisores (Si no se encuentran todos debe de asistir una persona designada)

Superintendentes (Mantenimiento / Producción)

Contratistas (Al menos un representante válido por empresa)

HSEC (Representante MEL y Contratistas)

El responsable de cada área deberá asegurar la representación de todos los participantes en la reunión.

17.2 Contenido de actividades del programa

Las fuentes de obtención de las tareas y/o actividades son varias, los criterios utilizados para la selección de actividades en el programa de trabajo periódico deben ser fundamentalmente aquellos que permitan la continuidad operacional del conjunto de equipos de la planta, así como también aquellos que permitan una confiabilidad y disponibilidad requeridas para el programa de producción.

Otra fuente de información para el programador, lo constituye la notificación o los avisos hechos en el sistema (pueden ser notificaciones subsecuentes de pautas de inspección, otras notificaciones realizadas por operadores que indiquen condiciones inseguras).

Estas notificaciones deberán contener la mayor información posible para realizar el trabajo tales como los recursos, herramientas asociadas a la tarea, repuestos y cuando existe, se asocia una task list (en SAP) con mayor información, de otro modo, el supervisor de ejecución que aprueba la notificación, deberá indicar los recursos antes de aprobarlas. Si estos datos no se encuentran en la notificación, el programador no podrá transformarla en OT para programarla, y deberá devolverla al supervisor para que complete los antecedentes necesarios.

De este modo el área de análisis y mejoramiento de la gerencia de mantención tiene un rol importante en el poder guiar las actividades requeridas para corregir desviaciones de los equipos y recomendar las estrategias a utilizar, mantenimiento predictivo, preventivo, proactivo.

También es válido utilizar la estrategia de mantenimiento reactivo ("a la falla"), para algún equipo de la planta.

17.3 Reunión de programación

El objetivo principal de esta reunión es que la participación de todos los representantes de las áreas involucradas, aseguren el alineamiento entre el Programa de Mantenimiento y el Programa de Producción para los períodos futuros. (Horizonte del programa que se discutirá)

Entrada:

Documentación de seguridad: Los pasos para realizar los trabajos, considerando los riesgos asociados y medidas para su control.

Los estándares HSEC, requerimientos legales y/o permisos de trabajo que aplican a las tareas identificadas en el programa propuesto.

Identificación, evaluación y publicación de cualquier necesidad de trabajo o permiso aplicable a las tareas o trabajos de terreno, de acuerdo con los requerimientos de las políticas HSEC de la organización. Ejemplos: Trabajos con Temperatura, Alto Voltaje, Espacios Confinados, Permisos para excavar u otros.

Programa preliminar de trabajo – Este corresponde al Programa de Trabajo generado para discusión en la reunión de Pre Programación.

Salida:

Descarga del Programa desde el sistema (Operaciones y órdenes de trabajo planificadas).

Minuta de Reunión de Programa.

Registro de asistencia y excusas de participantes a asistir.

Cuando: Después de la reunión de programación, no más allá del mediodía del jueves.

Resultados:

Como resultante fundamental de la Reunión de Programa, lo siguiente debe ser considerado por los asistentes (Supervisores de Mantenimiento, Planificadores, Contratistas, proveedores, Producción y Abastecimiento).

Trabajo de seguridad (HSEC) y Legal programado

Trabajo crítico de producción programado

Acuerdo del Programa de Mantenimiento/Producción propuesto.

Se toma minuta de la reunión incluyendo acciones acordadas y asistentes.

Se logra un acuerdo sobre el Programa para el próximo período.

Trabajo semanal alineado entre mantenimiento y Operaciones.

Se determina aplazar órdenes de trabajo debido a indisponibilidad de recursos o equipos.

17.4 Presentación de propuesta del programa

En la reunión de programación, se presenta el programa elaborado con la información de la reunión de pre programación, y los acuerdos obtenidos en ella; luego se acuerdan las actividades que se ejecutarán la próxima semana (en caso que se prepare con un horizonte de 7 días).

17.5 Aprobación y cierre del programa

En esta reunión se aprueba el programa, se cierra, y luego se difunde.

Esta reunión no puede ser más tarde que los días miércoles de cada semana, para luego publicar el programa que se ejecutará a partir del lunes de la próxima semana (Programa semanal), a partir del cierre del programa, ya no se modifica, ni se agregan actividades.

RESUMEN

REUNIÓN DE PRE PROGRAMACIÓN	REUNIÓN DE PROGRAMACIÓN	CIERRE DE PROGRAMA
Actividades propuestas para el programa. Quienes deben asistir a la re unión de pre- programación.	Presentación de propuesta del programa.	Congelamiento del programa. Difusión del programa a los stake holders.

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

Actividad: Metodología de confección de agenda de reunión de pre programación.

- **Estrategia Metodológica**
  Los participantes guiados por el instructor de manera individual o de forma grupal deberán definir conceptos aplicados en el secado de materiales sólidos, como concentrado de cobre.

- **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	✓
Taller de trabajo	✓
Otros (especificar)	

1. **Objetivo**

- Estimar datos de equipos o sistemas dentro del área de trabajo.

2. **Materiales y recursos**

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

3. Descripción de la Actividad

Etapa	Especificaciones
Inicio	Los participantes, guiados por el instructor, deben de confeccionar una agenda de una reunión de pre programación, detallando a que niveles de la organización invitarían, las actividades relevantes de esta reunión. (Justificar el detalle los cargos de las personas que serán invitadas). También deberán detallar las actividades relevantes de esta reunión. Forman grupos con un número de integrantes acorde al total de participantes que asisten a la actividad de aprendizaje. (2 a 5 participantes promedio).
Desarrollo de la actividad	El instructor debe seguir las siguientes indicaciones para el desarrollo de la actividad con los participantes: Los participantes generarán una agenda de estas reuniones donde se incluirán los cargos de las personas que invitaran (ej.: jefe de área de operaciones, jefe de área de mantención, etc.) Los participantes, deben indicar cuáles son las actividades relevantes de ambas reuniones por separado. Los participantes elegirán una persona que expondrá el trabajo a los otros equipos de trabajo. Confeccionan un informe entregable para su revisión. Los resultados son revisados y comentados por el instructor. Se da término a la actividad. Participantes realizan orden y limpieza del sector, si así es necesario.
	Tiempo: 60 minutos

18. Herramientas ofimáticas

Aprendizaje Esperado:

Definir el proceso de confección de informes de la gestión de actividades de mantenimiento.

Conceptos Claves

INFORME TÉCNICO	ESTRUCTURA DEL INFORME
Documento que describe el estado de un problema técnico. Es la exposición de información práctica y útil.	Introducción. Desarrollo. Conclusiones.

Introducción

El término ofimática proviene de la unión de los términos de oficina e informática. Trata la automatización de las actividades frecuentes de una oficina, con el uso de la informática. Las herramientas software utilizadas para automatizar estas actividades se denominan aplicaciones ofimáticas. El ámbito de uso de estas aplicaciones es muy amplio y su objetivo es cubrir las necesidades de la oficina de cualquier organización. Con el uso de estas aplicaciones, se consigue una productividad y una calidad de los trabajos difícilmente alcanzable utilizando medios manuales. En la actualidad, el 90% de las oficinas tiene instalados el sistema operativo Windows y la mayoría utiliza la suite ofimática Office. Es por ello, que las herramientas de Microsoft se han convertido en un estándar de facto en las oficinas.

Bases de datos Las suites ofimáticas suelen contener una herramienta para almacenar y gestionar datos organizados dentro de una base de datos. Estas bases de datos son de prestaciones reducidas, orientadas a entornos domésticos y PYMES. Por ejemplo, Microsoft en la suite Office proporciona la base de datos Access.

En este cuaderno, debido al nivel de los participantes, no nos enfocaremos al uso de estas herramientas, y supondremos que todos los asistentes a este curso son usuarios normales o avanzados de Microsoft office.

18.1 Nociones básicas de Word

Los procesadores de texto son las principales aplicaciones ofimáticas utilizadas. Son aplicaciones que permiten generar documentos de texto de forma fácil, rápida y cómoda. Los procesadores de texto, a diferencia de los simples editores de texto, como el Notepad, permiten generar documentos con gran riqueza de formatos y contenidos.

18.2 Nociones básicas de Power Point

PowerPoint es la herramienta que nos ofrece Microsoft Office para crear presentaciones.

Las presentaciones son imprescindibles hoy en día ya que permiten comunicar información e ideas de forma visual y atractiva. Algunos ejemplos de su aplicación práctica podrían ser: En la enseñanza, como apoyo al profesor para desarrollar un determinado tema. La exposición de los resultados de una investigación. Como apoyo visual en una reunión empresarial o conferencia.

Y por qué no, para presentar un informe técnico, sus causas raíces y los planes de acción para evitar que el problema se repita.

En definitiva, siempre que se quiera exponer información de forma visual y agradable para captar la atención del interlocutor. Con PowerPoint podemos crear presentaciones de forma fácil y rápida, pero con gran calidad ya que incorpora gran cantidad de herramientas que nos permiten personalizar hasta el último detalle. Podemos controlar el estilo de los textos y de los párrafos, insertar gráficos, dibujos, imágenes... También es posible insertar efectos animados, películas y sonidos. Podremos revisar la ortografía de los textos e incluso insertar notas para que el locutor pueda tener unas pequeñas aclaraciones para su exposición y muchas más cosas que veremos a lo largo del curso.

Con respecto a lo explicado anteriormente, no nos enfocaremos directamente al uso de esta herramienta, solo la mencionamos para que se tenga presente, que es una herramienta potente para presentar un informe técnico, las o la causa raíz y los planes de acción.

18.3 Nociones de Excel

Hojas de cálculo Las hojas de cálculo son aplicaciones para almacenar y organizar datos y realizar cálculos y análisis sobre estos datos. La información en una hoja de cálculo se organiza en filas y columnas, formando una cuadrícula compuesta de celdas. En cada celda se almacena un dato, que puede ser un texto, un número, una fecha.

Los datos pueden ordenarse, clasificarse y calcular nuevos datos a partir de otros. El cálculo se hace aplicando fórmulas. Al modificar los datos que actúan de operandos, los resultados se actualizan de forma automática. Las herramientas proporcionan un gran número de fórmulas matemáticas, estadísticas, de tratamiento de texto, etc. predefinidas, y permiten crear nuevas fórmulas. Además, permiten representar visualmente los datos almacenados generando gráficos.

18.4 Confección de informes técnicos

Normalmente, como su nombre lo indica, el informe técnico es un documento que describe el estado de un problema técnico. Es la exposición de información práctica y útil, de datos y hechos dirigidos, ya sea a una persona, una empresa u organización, sobre una cuestión o asunto que debe ser reportada. En otras palabras, se utiliza para informar sobre las acciones que se han realizado en el cumplimiento del trabajo encomendado. Por ello, a la hora de redactarlo, es importante tomar en cuenta sobre qué se va a escribir, quién lo va a leer y qué uso se le dará.

El informe técnico es una herramienta poco utilizada en el medio académico. Sin embargo, en algunas áreas de estudio como la ingeniería o las ciencias se utiliza como método de análisis o para reportar aspectos técnicos de un tema o problema específico y generar posibles soluciones. En otras palabras, la función en el ámbito académico del informe técnico es presentar sobre problemas técnicos y proponer soluciones. Finalmente, es importante mencionar que los estándares o las especificaciones del informe técnico varían de acuerdo con las disciplinas.

El informe técnico debe contener la información necesaria para que un receptor calificado pueda evaluar la situación, proponer cambios y dar recomendaciones. La estructura debe facilitar el seguimiento, el análisis y la comprensión del mismo, siendo clara y de rápida elaboración.

18.5 Elementos que componen un informe técnico (estructura)

La estructura más utilizada, a la hora de elaborar esta clase de informes, está formada por una introducción, un cuerpo o desarrollo, una conclusión y los anexos:

Introducción: en esta sección se aclara el tema, se fijan los objetivos y el propósito del informe. Es importante establecer una cronología de los hechos y ubicar al lector temporalmente. Además, se expone el marco conceptual que se utilizará y se vincula con el tema o problema central. Finalmente, se indican informes previos o consideraciones generales del estado inicial del problema con el propósito de evitar decisiones inadecuadas o rápidas conclusiones.

Desarrollo: en este apartado, se presenta el estudio del origen y causas del problema. Además, presenta una evaluación de alternativas, es decir, expone la propuesta y análisis de las diferentes opciones para poder resolver la cuestión expuesta.

Conclusiones: es la parte más importante del informe técnico. Debe quedar claro el origen del problema, su trascendencia, evolución y las soluciones posibles. Finalmente, debe contener las recomendaciones indicando los niveles de riesgos y los ajustes tentativos.

Anexos: información extra como fotografías, planos, otros informes técnicos, etc.

Bibliografía o lista de referencias.

RESUMEN

INFORME TÉCNICO	ESTRUCTURA DEL INFORME
Documento que describe el estado de un problema técnico. Es la exposición de información práctica y útil.	Introducción. Desarrollo. Conclusiones.

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

Actividad: Metodología de desarrollo de informe técnico

- **Estrategia Metodológica**
  Los participantes guiados por el instructor de manera individual o de forma grupal deberán definir conceptos aplicados en el secado de materiales sólidos, como concentrado de cobre.

- **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	✓
Taller de trabajo	✓
Otros (especificar)	

1. **Objetivo**

- Estimar datos de equipos o sistemas dentro del área de trabajo.

2. **Materiales y recursos**

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

3. Descripción de la Actividad

Etapa	Especificaciones
Inicio	Los participantes, guiados por el instructor, deben de confeccionar una Informe técnico del caso que expondrá el profesor de una falla en el área. El informe técnico, deberá, al menos contener las secciones sugeridas en esta clase. Forman grupos con un número de integrantes acorde al total de participantes que asisten a la actividad de aprendizaje. (2 a 5 participantes promedio).
Desarrollo de la actividad	El instructor expondrá el caso para que los equipos lo entiendan y generen el informe. Cada equipo deberá entregar un informe técnico, indicando el nombre de los participantes. Los resultados son revisados y comentados por el instructor. Se da término a la actividad. Participantes realizan orden y limpieza del sector, si así es necesario.
	Tiempo: 60 minutos

19. Matriz de competencias

Aprendizaje Esperado:
Nombrar competencias de los integrantes del equipo de mantención, de acuerdo a la actividad de mantenimiento a ejecutar.

Conceptos Claves

COMPETENCIAS DEL TRABAJADOR	EQUIPOS CRÍTICOS
Competencia. Matriz de competencias de un área de trabajo. Competencias / Tipos de trabajos de mantención.	Listado de equipos críticos del área. Elementos utilizados para la construcción del listado.

Introducción

Competencia es el resultado de tres características combinadas: conocimiento, habilidad y actitud. Conocimiento es lo que sabemos, lo que aprendemos a lo largo de nuestras vidas; habilidad es la capacidad de colocar nuestro conocimiento en práctica y actitud es la pro actividad, el querer colocar nuestro conocimiento en práctica.

El equipo de mantenimiento debe de estar definido de acuerdo a los objetivos de la gerencia de mantención y por ende ser un apalancador de la planificación estratégica de la empresa.

El área de mantenimiento debe tener definida estas competencias para su equipo de mantención, y con esta definición se debe confeccionar una matriz de doble entrada donde estén listadas las competencias y por otro lado el nombre del trabajador.

Esto facilita al programador verificar si existen competencias en el área para realizar una tarea con personal propio, o si debe de contratar un servicio externo para realizar una tarea.

También esta matriz facilitará el requerimiento de capacitación para el área de mantenimiento.

19.1 Elementos que componen una matriz de competencias

La matriz de competencias de un área es un documento sencillo y simple, que varía constantemente, y depende de la rotación de personal, de los distintos tipos de trabajos que deba realizar el área de mantenimiento, por lo que es un documento que debe ser revisado con cierta frecuencia determinada por el área.

Esta consiste en una tabla de doble entrada donde en un lado, eje vertical, aparezcan los nombres de los trabajadores, y en el otro eje sus habilidades y competencias certificadas por organismos aceptados, se puede agregar otras columnas con información adicional.

Las competencias del equipo mantenedor son importantes debido a que estas son directamente proporcionales a la calidad de la ejecución y a la seguridad durante la ejecución del mantenimiento. De este modo este documento se convierte en uno importante para la gestión de selección del personal que participará en el equipo de mantenimiento de una tarea específica del programa, aunque la última distribución del recurso la hará la supervisión de ejecución en terreno.

En esta matriz, pueden incluirse competencias de manejo de herramientas especiales, tales como el mecánico que opera el rotalign (herramienta para alinear), o puede confeccionarse una especialmente para estas herramientas considerando los riesgos de operaciones de estas.

A continuación, se presenta una figura con un ejemplo de matriz de competencias.

Matriz de Competencias			
Nombre	**Especialidad**	**Certificación**	**Instituto certificador**
Juan	soldador	6G	Indura
Pedro	Electricista	Maniobras de alta tensión	
Luis	Operador	Man lift pluma articulada	CEIM
José	operador sistemas de alineamiento laser	Operador equipo rotalign	Vendor
Eduardo	Mecánico	Armado de Andamios	Layher

Figura 48

19.2 Equipos críticos del proceso

Las actuales tendencias demuestran que la función mantenimiento se está transformando en un factor determinante para mejorar la competitividad de las empresas. Por su efecto sobre los costos globales, esta actividad propia de los sistemas productivos, ha demostrado que puede influir positivamente sobre la productividad de las compañías reforzando además los principios de satisfacción del cliente, respeto del medio ambiente y cuidado de las personas. En el panorama industrial la tendencia es modificar la tradicional opinión que considera al mantenimiento como un centro de costo complejo y difícil de gestionar tanto organizativa como económicamente. Las empresas referentes en el área consideran el mantenimiento como una unidad de negocio o de resultados que debe ser tratada como tal, a través de, metodologías organizativas y herramientas ingenieriles que puedan contribuir a la competitividad de la unidad.

Estas metodologías y herramientas tienen necesariamente que transformarse en apoyo a la toma de decisiones, ya que la clave en la gestión es abordar los problemas de forma global minimizando los riesgos asociados a la incertidumbre, para poder de esta manera decidir sobre una base rigurosa y confiable. Una Gestión Optimizada de Activos, requiere de la priorización de los esfuerzos en post de racionalizar los recursos. De esta manera, tener la posibilidad de contar con la metodología y las herramientas que permiten identificar aquellos equipos que impactan de mayor forma en la criticidad de plantas, se torna una ventaja competitiva en pro del logro de una mayor productividad y tender a la sustentabilidad de la competitividad empresarial.

La construcción de este listado le corresponde más bien al Ingeniero de mejoras (confiabilidad, o Ingeniero de mantención), el Uso del listado, y sus repuestos, los debe de gestionar el área de planificación.

De todas formas, revisaremos qué criterios se usan para confeccionar este listado.

Para la construcción de este listado, se utilizan, generalmente, softwares especiales. Uno de los más comúnmente usados es la Metodología RBD (Reliability Block Diagram) y la Plataforma Reliability and Maintenance Engineering System (R-MES), bajo el criterio del Costo de la Falta o de Ineficiencia. Las etapas críticas son: (Costo de falta es el costo de indisponibilidad de la planta, considerando que lo que ha dejado de producir por una falla es irreversible)

La construcción del Diagrama lógico-funcional de la Planta.

Validar la base de datos de detenciones de equipos de la planta.

Procesar la base de datos por intermedio de la plataforma (ej. R-MES).

Determinar los equipos críticos de la planta a partir del análisis de Costo de Falta.

A continuación, se presentan las bases conceptuales de las cinco configuraciones lógico-funcionales incluidas en la metodología, cuatro de ellas ampliamente difundidas en la literatura y una (Fraccionamiento), perteneciente al desarrollo y know how de los especialistas de R-MES.

Serie: La configuración en Serie implica que la falla de cualquier equipo o subsistema bajo este modelo provoca una detención total del sistema al que pertenecen.

Paralelo: La configuración en paralelo relaciona a dos o más equipos siendo cada uno de ellos capaz de soportar la carga total de la etapa del proceso.

Fraccionamiento: La configuración en fraccionamiento representa que dos o más equipos se reparten la carga total de trabajo según una ponderación generalmente asociada a capacidad productiva de los equipos. A diferencia del sistema en paralelo la falla de cualquiera de los equipos supone una pérdida de carga equivalente al impacto del equipo en el proceso de producción.

Stand By: La configuración de subsistemas en Stand By se compone de dos equipos, uno primario y otro secundario. El equipo primario opera hasta su falla y tras este evento lo reemplaza el equipo secundario, capaz de soportar en un 100% la capacidad del primario.

El conmutador de equipos stand-by cobra importancia, debido a que el fallo de este, provocaría una detención del proceso.

Redundancia Parcial: El subsistema en configuración de redundancia parcial está compuesto por "n" equipos, de los cuales se requiere una fracción para la correcta operación del proceso productivo.

Estos son los criterios en los cuales se basa la construcción del listado de equipos críticos de un proceso productivo, de este listado deriva el listado de repuestos críticos necesarios para mantener la continuidad operacional del proceso.

19.3 Utilización del listado de equipos críticos en la confección del programa de mantenimiento.

El programador de corto o mediano plazo, debe de conocer este listado, saber los criterios de confección, y asociar los requerimientos de mantenimientos generados por la estrategia de mantenimiento, notificaciones de operaciones, mantenedores, notificaciones subsecuentes de inspecciones etc. Este listado le servirá para dar prioridad y complementar la información entregada por el área de mejoramiento, para priorizar su programa.

RESUMEN

COMPETENCIAS DEL TRABAJADOR	EQUIPOS CRÍTICOS
Competencia. Matriz de competencias de un área de trabajo. Competencias / Tipos de trabajos de mantención.	Listado de equipos críticos del área. Elementos utilizados para la construcción del listado.

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

Actividad: Matriz de competencias y listado de equipos críticos

- **Estrategia Metodológica**
  Los participantes guiados por el instructor de manera individual o de forma grupal deberán definir conceptos aplicados en el secado de materiales sólidos, como concentrado de cobre.

- **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	✓
Taller de trabajo	✓
Otros (especificar)	

1. **Objetivo**

- Reforzar la importancia de conocer las competencias del equipo de mantenimiento para realizar las tareas programadas.

2. **Materiales y recursos**

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

3. Descripción de la Actividad

Etapa	Especificaciones
Inicio	Los participantes, guiados por el instructor, deben de responder las preguntas formuladas respecto del tema. Forman grupos con un número de integrantes acorde al total de participantes que asisten a la actividad de aprendizaje. (2 a 5 participantes promedio).
Desarrollo de la actividad	El instructor expondrá las preguntas para que los equipos las entiendan y las respondan. Cada equipo deberá entregar sus respuestas por escrito, indicando el nombre de los participantes. Los resultados son revisados y comentados por el instructor. Se da término a la actividad. Participantes realizan orden y limpieza del sector, si así es necesario.
	Tiempo: 60 minutos

20. Matriz de riesgo de mantenimiento

Aprendizaje Esperado:
Identificar acciones para contrarrestar desviaciones durante la ejecución del trabajo.

Conceptos Claves		
PROCEDIMIENTO DE TRABAJO	RIESGO RESIDUAL	Competencias del equipo de trabajo.
Instrucciones técnicas y de seguridad.	Riesgo tolerado por la organización.	Conocimientos teóricoas, prácticos (habilidad) y actitud frente a las diferentes tareas de un equipo de mantenimiento.

Introducción

Toda actividad humana, por muy simple que sea, conlleva un riesgo, ya que la actividad exenta de ello representa la inmovilidad total. Si todos nos quedamos en nuestros hogares haciendo nada y se detuviese toda actividad productiva y de servicios, aun así, existiría el riesgo, menor, pero existiría, por lo cual el riesgo cero no es posible.

Definimos el riesgo como la combinación de la probabilidad de que ocurra un evento o exposición peligrosa, y la severidad de la lesión o enfermedad que puede ser causada por el evento o exposición. También corresponde a la probabilidad de que un peligro, existente en una actividad determinada durante un período definido, ocasione un incidente con severidades factibles de ser estimadas.

Afortunadamente, se está produciendo en el último tiempo un cambio de visión en la gestión de los riesgos, basada en la identificación, monitoreo, control, medición y divulgación de los mismos, todo a través de la “matriz de riesgos”, ya que gestionar eficazmente los riesgos para garantizar resultados concordantes con los objetivos estratégicos de la organización, se está constituyendo en uno de los mayores retos.

La Matriz de Riesgos es una herramienta de gestión que permite determinar objetivamente cuáles son los riesgos relevantes para la seguridad y salud de los trabajadores que enfrenta una organización.

Una matriz de riesgos constituye una herramienta de control y de gestión normalmente utilizada para identificar, el tipo y nivel de riesgos inherentes a las actividades, en este caso de mantenimiento, y los controles de estos riesgos para evitar que los mantenedores se enfrenten al riesgo puro de las tareas.

20.1 Medidas de control para mitigar los riesgos de ejecución de la tarea.

Estas medidas, generalmente se encuentran indicadas en el procedimiento seguro de trabajo.

La obligación del equipo de mantención es implementar todas las medidas de control antes de iniciarlo, y la del supervisor es verificar que estas medidas se encuentren implementadas.

Es por esto, que cobra importancia que el programador indique los riesgos de la tarea en el programa, y haga referencia al procedimiento si este existe, de otro modo debe de hacer referencia a la construcción del análisis de riesgos de la tarea ART.

20.2 Procedimientos de trabajo

Estos documentos, pueden contener las pautas de mantenimiento, pero en general están orientados al control de los riesgos de ejecución de la tarea.

Generalmente son indispensables para la ejecución segura del trabajo y una buena guía para el programador.

Establece normas y control de los riesgos en el paso a paso de la tarea a ejecutar.

Reduce los riesgos potenciales a los cuales está expuesto el trabajador.

Permite conocer el grado de cualificación, competencia, certificación y capacitación de los trabajadores, que requieren para la ejecución.

Permite conocer los recursos, herramientas, y equipos requeridos para ejecutar la tarea.

Permite conocer las responsabilidades de cada una de las personas de la línea administrativa en la ejecución de esa tarea.

Permite conocer los EPP requeridos para la tarea.

En caso de no existir un procedimiento de trabajo para una tarea, el supervisor de ejecución y el equipo de mantención deben de confeccionar en terreno un Análisis seguro de la tarea (AST) donde en una columna se lista paso a paso la ejecución de la tarea, en otra los riesgos

identificados, y en la tercera columna los controles que se deben implementar para neutralizar el riesgo.

20.3 Riesgo residual

Es aquel riesgo que subsiste, después de haber implementado controles. Es importante advertir que el nivel de riesgo al que está sometido una actividad, nunca puede erradicarse totalmente. Por ello, se debe buscar un equilibrio entre el nivel de recursos y mecanismos que es preciso dedicar para minimizar o mitigar estos riesgos y un cierto nivel de confianza que se puede considerar suficiente (nivel de riesgo aceptable).

El riesgo residual puede verse como aquello que separa a la tarea de la seguridad absoluta. El riesgo residual es aquél que permanece después de que se implementen en forma eficaz los controles de riesgo de la tarea, recomendados en la matriz de riesgos para mitigar el riesgo inherente (puro). El riesgo Residual debe ser medido, y tolerado de acuerdo a un estándar. La matriz de riesgo, generalmente recomienda uso de procedimiento de trabajo seguro y otros. Es importante implementar estos controles para que solamente quede el riesgo residual tolerado que se indica en la matriz.

20.4 Instructivos de trabajo

Más arriba indicamos alguna referencia de los instructivos de trabajos del vendedor, los cuales son relevantes a la hora de ejecutar un servicio de mantenimiento al equipo.

Sucede, a menudo, que no se cuenta con información del vendedor para realizar o ejecutar un servicio de mantención, entonces debe de existir una pauta de trabajo realizada por el personal competente y con experiencia en el mantenimiento de ese equipo.

Esta pauta debe de contener indicaciones de control de los riesgos, y el cómo ejecutar las tareas en forma clara, además de las herramientas, equipos y repuestos necesarios para la ejecución, aunque no es un AST, también contiene advertencias de riesgos que se generan en la ejecución.

RESUMEN

PROCEDIMIENTO DE TRABAJO	RIESGO RESIDUAL	Competencias del equipo de trabajo.
Instrucciones técnicas y de seguridad.	Riesgo tolerado por la organización.	Conocimientos teóricoas, prácticos (habilidad) y actitud frente a las diferentes tareas de un equipo de mantenimiento.

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

Actividad: Matriz de riesgos y procedimientos de trabajo

- **Estrategia Metodológica**
  Los participantes guiados por el instructor de manera individual o de forma grupal deberán definir conceptos aplicados en el secado de materiales sólidos, como concentrado de cobre.

- **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	✓
Taller de trabajo	✓
Otros (especificar)	

1. **Objetivo**

   Comprender qué actividades se deben de seleccionar de un programa de trabajo, para comparar el estándar técnico y de seguridad con respecto a lo que se está ejecutando en terreno.

2. **Materiales y recursos**

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

3. **Descripción de la Actividad**

Etapa	Especificaciones
Inicio	Los participantes, guiados por el instructor, deben de seleccionar de un programa de trabajo, qué actividades deben verificar en terreno, e indicar qué van a observar respecto a aspectos técnicos y de seguridad. Forman grupos con un número de integrantes acorde al total de participantes que asisten a la actividad de aprendizaje. (2 a 5 participantes promedio).
Desarrollo de la actividad	El instructor expondrá el caso para que los equipos lo entiendan y generen el informe. Cada equipo deberá entregar un informe técnico , indicando el nombre de los participantes. Los resultados son revisados y comentados por el instructor. Se da término a la actividad. Participantes realizan orden y limpieza del sector, si así es necesario. Los resultados son revisados y comentados por el instructor. Se da término a la actividad. Participantes realizan orden y limpieza del sector, si así es necesario.
	Tiempo: 60 minutos

Comentarios:

El tema transversal en este módulo es: herramientas ofimáticas.

Cada supervisor (ejecución, planificador, Ingenieros)

Deben tener un conocimiento avanzado en:

- Excel
- Word
- Ppoint
- Base de datos Access.

Los dpi son las notas de aprobación estándar de los cursos.

MÓDULO:

PROGRAMAR ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO

21. Reunión de pre programación

Aprendizaje Esperado:

Describir actividades que se ejecutarán en el programa de mantenimiento utilizando el criterio de continuidad operacional.

Conceptos Claves		
REUNIÓN DE PRE PROGRAMACIÓN	REUNIÓN DE PROGRAMACIÓN	CIERRE DE PROGRAMA
Actividades propuestas para el programa. Quienes deben asistir a la re unión de pre- programación.	Presentación de propuesta del programa.	Congelamiento del programa. Difusión del programa a los stake holders.

Resumen de contenidos

En orden de implementar el programa, la gerencia de operaciones y de mantenimiento, deben de establecer 2 reuniones que debe liderar planificación.

Una de estas es la de pre programación, donde el programador hace una propuesta del programa y sus actividades, obtenidas de acuerdo a la estrategia de mantenimiento implementada, al back-log de órdenes de trabajo, a las notificaciones existentes en el sistema, las cuales una vez acordadas son transformadas en órdenes de trabajo.

Los imprevistos de urgencia, generalmente los administra el supervisor, y no son programados, solo ejecutados (Imprevistos que involucran condiciones de seguridad para las personas y para los activos).

En esta reunión, el planificador, presenta también, los recursos que tendrá ejecución, para el desarrollo del programa, recursos humanos, recursos compartidos, herramientas especiales etc.

A continuación, se enumeran algunos puntos que la propuesta del programa de mantenimiento no puede omitir:

Tipo de mantenimiento que se va a llevar a cabo.

Fecha y el lugar donde se va a desarrollar el trabajo.

Indicar y acordar el tiempo previsto en que los equipos van a estar disponibles para mantención.

Determinación de los equipos que van a ser sometidos a mantenimiento

Señalización de áreas de trabajo y áreas de almacenamiento.

Stock de equipos y repuestos con que cuenta el almacén.

Inventario de herramientas y equipos necesarios para cumplir con el trabajo.

Planos, diagramas, información técnica de equipos.

Plan de seguridad frente a imprevistos.

Riesgos de las actividades que contiene la propuesta de programa, y sus controles.

ACTIVIDAD

Actividad de Aprendizaje:

- Metodología de confección de agenda de reunion

Objetivo

- Confeccionar una agenda de reunión de programación con las etapas precisas que aseguren una reunión exitosa.

Materiales y recursos

- Manual del participante
- Papelógrafos / pizarra/Cuaderno
- Lápices / Plumones de pizarra

Estrategias metodológicas para el instructor:

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

Estrategia de Implementación de Actividades de Aprendizajes:

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

INSTRUCCIONES

Inicio

Los participantes, guiados por el instructor, deben de confeccionar una agenda de una reunión de pre programación, detallando a que niveles de la organización invitarían, las actividades relevantes de esta reunión. (Justificar el detalle los cargos de las personas que serán invitadas).
También deberán detallar las actividades relevantes de esta reunión.
Formar grupos con un número de integrantes acorde al total de participantes que asisten a la actividad de aprendizaje. (2 a 5 participantes promedio).

Desarrollo de la actividad

El instructor debe seguir las siguientes indicaciones para el desarrollo de la actividad con sus participantes:

PROCEDIMIENTO DE LA ACTIVIDAD:

Entregar indicaciones de seguridad y velar por la adecuada aplicación de los controles críticos. El instructor es responsable de la correcta identificación, evaluación y controles de riesgos en relación a la actividad.

Organizados en grupo o individual:

A) El instructor refuerza los conceptos de confección de la agenda y la importancia de que sea ejecutada con los requerimientos entregado (al menos)
B) El instructor solicita a los participantes que ejecuten las siguientes actividades:
    - Los participantes generarán una agenda de esta reunión donde se incluirá los cargos de las personas que invitaran (ej.: jefe de área de operaciones, jefe de área de mantención, etc.)
    - Los participantes, deben indicar cuáles son las actividades relevantes de la reunión.

C) Los participantes deben entregar al instructor los ejercicios en un archivo. (se solicitará un equipo voluntario que exponga sus resultados para discutirlos en equipo.

- Los resultados son revisados y comentados por el instructor.
- Se da término a la actividad.
- Participantes realizan orden y limpieza del sector, si así es necesario.

Datos para realizar Ejercicio 1:
Suponer que esta reunión de pre programación se realiza todos los lunes de cada semana, para generar posteriormente la reunión de programación, donde los superintendentes aprueban el programa y este queda congelado.
El horizonte de programación es de siete días, o sea que este programa se ejecutará a partir del lunes de la próxima semana (semanal).

Cierre

Al finalizar la actividad, el instructor refuerza los conceptos de la Unidad. Reflexión en conjunto acerca de los resultados de la actividad y conceptos claves:
Inferir los términos de esta agenda hacia la reunión de programación y sus actividades de acordar y congelamiento de este.

Duración de la actividad
90 minutos.

RESUMEN

La agenda es el comienzo de la reunión, y cobra importancia, que en esta se encuentre el personal requerido, el programador debe de estar atento para realizar una reunión ejecutiva y encausarla a los objetivos y temas relacionados con la programación.

22. Metodología de desarrollo de informes técnicos.

Aprendizaje Esperado

Confeccionar informes de gestión de mantenimiento.

Conceptos Claves

INFORME TÉCNICO	ESTRUCTURA DEL INFORME
Documento que describe el estado de un problema técnico. Es la exposición de información práctica y útil.	Introducción. Desarrollo. Conclusiones.

Resumen de contenidos

Normalmente, como su nombre lo indica, el informe técnico es un documento que describe el estado de un problema técnico. Es la exposición de información práctica y útil, de datos y hechos dirigidos, ya sea a una persona, una empresa u organización, sobre una cuestión o asunto que debe ser reportada. En otras palabras, se utiliza para informar sobre las acciones que se han realizado en el cumplimiento del trabajo encomendado. Por ello, a la hora de redactarlo, es importante tomar en cuenta sobre qué se va a escribir, quién lo va a leer y qué uso se le dará.

El informe técnico es una herramienta poco utilizada en el medio académico. Sin embargo, en algunas áreas de estudio como la ingeniería o las ciencias se utiliza como método de análisis o para reportar aspectos técnicos de un tema o problema específico y generar posibles soluciones. En otras palabras, la función en el ámbito académico del informe técnico es presentar sobre problemas técnicos y proponer soluciones. Finalmente, es importante mencionar que los estándares o las especificaciones del informe técnico varían de acuerdo con las disciplinas.

El informe técnico debe contener la información necesaria para que un receptor calificado pueda evaluar la situación, proponer cambios y dar recomendaciones. La estructura debe facilitar el seguimiento, el análisis y la comprensión del mismo, siendo clara y de rápida elaboración.

ACTIVIDAD

Actividad de Aprendizaje:

- Metodología de desarrollo de informe técnico

Objetivo

- Confeccionar un informe técnico de un caso.

Materiales y recursos

- Manual del participante
- Papelógrafos / pizarra/Cuaderno
- Lápices / Plumones de pizarra
- Computador

Estrategias metodológicas para el instructor:

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

Estrategia de Implementación de Actividades de Aprendizajes:

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

INSTRUCCIONES

Inicio

Los participantes, guiados por el instructor, deben de confeccionar un informe técnico de un caso que planteará el instructor

Formar grupos con un número de integrantes acorde al total de participantes que asisten a la actividad de aprendizaje. (2 a 5 participantes promedio).

Desarrollo de la actividad

El instructor debe seguir las siguientes indicaciones para el desarrollo de la actividad con sus participantes:

PROCEDIMIENTO DE LA ACTIVIDAD:

Entregar indicaciones de seguridad y velar por la adecuada aplicación de los controles críticos. El instructor es responsable de la correcta identificación, evaluación y controles de riesgos en relación a la actividad.

Caso a plantear:

A las 23 horas del 15 de octubre del 2017, sucedió que se quemó uno de los motores propulsores de la correa 15 del shiploader que carga el barco con concentrado, personal de mantenimiento electricista comprueba que el motor estaba a tierra, e indica que se debe de cambiar. (El motor del lado derecho)

Antecedentes:

- No se encontró exactamente el motor de repuesto, el que se montó, no tenía el freno, hubo que desmontar el freno del motor quemado.
- El calado aéreo de la nave, superaba el calado aceptado para el shiploader. (20 mts, y el máximo debe de ser 14), esto obligó a trabajar con la pluma de la correa en un mayor ángulo. (operaciones, solicitó modificar la posición del limit switch)
- Mientras estaba en operación, la correa cae por “resbalamiento”, y queda detenida con carga.
- Para poder poner en servicio la correa, se le dio 5 partidas en un lapso de 30 minutos, hasta que falló.
- No se puede limpiar la correa, debido a que existe riesgo de contaminar el mar con concentrado, debe de reiniciarse el carguío con la correa cargada, y descargar en la bodega del barco.
- El shiploader estuvo detenido, por 24 horas por lo que hubo que pagar multas por demurrage, que incluye costos por sobre estadía de la nave. (desde las 00 horas del día de la falla hasta las 00 horas del otro día)
- Finalmente, el equipo queda en servicio, sin el freno del motor, debido que el que se retiró del motor quemado, estaba en malas condiciones (la bobina quemada), una vez que el freno se montó en el nuevo motor este no salía debido a que el freno no se abría al momento de energizar).

Ud. es el jefe de turno esa noche del fallo, y nuevamente, a las 20:00 horas toma el turno y el equipo continúa fuera de servicio, luego lo entrega a operaciones, a las 00 horas, y antes de que termine su turno, debe Confeccionar un informe técnico que contenga las tres partes fundamentales enseñadas: Introducción, desarrollo, conclusiones, y enviarlo al superintendente de mantenimiento, superintendente de planificación y de confiabilidad.

Organizados en grupo o individual:

A) El instructor refuerza los conceptos de confección del informe, explica y aclara consultas del caso.

B) El instructor solicita a los participantes que ejecuten las siguientes actividades:
   - Los participantes generarán un informe técnico en relación con el caso planteado.
   - Los participantes, deben indicar en el reporte las causas o causa del fallo a modo de un pre análisis, dado que después el ingeniero de confiabilidad deberá liderar un RCA (análisis de causa raíz del fallo).
   - También deben incluir un plan de acción de corto plazo para evitar una repetición del evento.

C) Los participantes deben entregar al instructor el informe, en un archivo Word. (se solicitará un equipo voluntario que exponga sus resultados para discutirlos en equipo.
   Las suposiciones que hagan los estudiantes para confeccionar el informe, deben de ser consideradas por el instructor.

Cierre

- Los resultados son revisados y comentados por el instructor.
- Se da término a la actividad.
- Participantes realizan orden y limpieza del sector, si así es necesario.

RESUMEN

Los profesionales del mantenimiento, siempre tendrán que hacer informes técnicos de eventos y situaciones.

Muchas empresas tienen un formato establecido para esto en sus manuales de mantención.

Lo indicado para construir un informe de este tipo, es lo mínimo que debe contener.

Informes demasiados extensos no son leidos.

23. Matriz de competencias y listado de equipos críticos.

Aprendizaje Esperado

Seleccionar competencias de los integrantes del equipo de mantención, de acuerdo a la actividad de mantenimiento a ejecutar.

Conceptos Claves

COMPETENCIAS DEL TRABAJADOR	EQUIPOS CRÍTICOS
Competencia. Matriz de competencias de un área de trabajo. Competencias / Tipos de trabajos de mantención.	Listado de equipos críticos del área. Elementos utilizados para la construcción del listado.

Resumen de contenidos

Las competencias del equipo mantenedor son importantes debido a que estas son directamente proporcionales a la calidad de la ejecución y a la seguridad durante la ejecución del mantenimiento. De este modo este documento se convierte en uno importante para la gestión de selección del personal que participará en el equipo de mantenimiento de una tarea específica del programa, aunque la última distribución del recurso la hará la supervisión de ejecución en terreno.

ACTIVIDAD

Actividad de Aprendizaje:

- Responder las preguntas realizadas por el instructor

Objetivo

Resforzar la importancia de conocer las competencias del equipo de mantenimiento para realizar las tareas programadas.

Materiales y recursos

- **Manual del participante**
- **Papelógrafos / pizarra/Cuaderno**
- **Lápices / Plumones de pizarra**
- Computador

Estrategias metodológicas para el instructor:

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

Estrategia de Implementación de Actividades de Aprendizajes:

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

INSTRUCCIONES

Inicio

Los participantes, guiados por el instructor, deben de responder las preguntas que el instructor formulará, respaldando sus respuestas con los fundamentos y criterios expuestos en clases
Formar grupos con un número de integrantes acorde al total de participantes que asisten a la actividad de aprendizaje. (2 a 5 participantes promedio).

Desarrollo de la actividad

El instructor debe seguir las siguientes indicaciones para el desarrollo de la actividad con sus participantes:
Temas planteados para el análisis:

- Fundamente, si el contar con una matriz de competencias, y las certificaciones de las competencias de los trabajadores del equipo de mantención, tiene implicancia en la responsabilidad legal y penal del profesional, en caso de un accidente grave.
- Describa y comente la importancia de tener un conmutador operativo en el caso de dos equipos stand-by de una planta (puede imaginarse bombas del under de un espesador de relaves, cada bomba es capaz de realizar el 100% del trabajo requerido).

PROCEDIMIENTO DE LA ACTIVIDAD:
Entregar indicaciones de seguridad y velar por la adecuada aplicación de los controles críticos. El instructor es responsable de la correcta identificación, evaluación y controles de riesgos en relación a la actividad.
Organizados en grupo o individual:

A) El instructor refuerza los conceptos de matriz de competencias y del listado de equipos críticos.
B) El instructor solicita a los participantes que ejecuten las siguientes actividades:
    - Los participantes discuten y responden ambos temas planteados.
    - Los participantes, deben fundamentar sus respuestas.

C) Los participantes deben entregar al instructor las respuestas en un archivo. (se solicitará un equipo voluntario que exponga sus resultados para discutirlos en equipo.

- Los resultados son revisados y comentados por el instructor.
- Se da término a la actividad.
- Participantes realizan orden y limpieza del sector, si así es necesario.

Cierre
Al finalizar el ejercicio, el instructor refuerza los conceptos de uso de matriz de competencias y listado de equipos críticos, como herramientas de la planificación.

RESUMEN

El contar con una matriz de competencias, y las certificaciones de estas, de cada trabajador impactan directamente en:

La calidad de la ejecución del trabajo.

La seguridad de la ejecución del trabajo.

El contar con un listado de equipos críticos actualizados, orienta al programador y a los asistentes de la reunion de programación a tomar desiciones más certeras respecto de las prioridades de la ejecución del trabajo.

Comentarios:

El tema de informes técnicos también es transversal, debe ser dominado por toda la supervisión de mantenimiento, técnicos.

Los KPI para este tema es la nota estándar de evaluación.

Fuentes referenciales

Cuaderno del Instructor. Cadena de Valor del Negocio Minero. CCM. 2015. CEIM.

Manual Introducción a la Metalurgia. Programa Operador Planta Minero Industrial. 2017. CEIM.

Cuaderno del Instructor. Planta de Fundición. MCM. 2016. CEIM.

Cuaderno del Instructor. Operador Base Planta N2. CCM. Versión AGO/2013. CEIM.

Página Web. Codelco Educa. Fundamentos de la Fundición.

Consejo Minero
Dirección: Apoquindo 3500, Piso 7, Las Condes, Santiago.
Teléfono: (562) 2347 2200
www.ccm.cl

CCM
CONSEJO DE COMPETENCIAS MINERAS

SOCIOS CCM

AngloAmerican
ANTOFAGASTA MINERALS
ASOCIACIÓN DE INDUSTRIALES ANTOFAGASTA
APPRIMIN Asociación de Proveedores Industriales de la Minería
BHP
CAP Siempre con Chile
CCHC CAMARA CHILENA DE LA CONSTRUCCION
CODELCO
COLLAHUASI
FINNING CAT
FREEPORT-McMoRAN COPPER & GOLD
GLENCORE
KGHM POLSKA MIEDŹ S.A.
KINROSS
KOMATSU
lundin mining
Teck

Una iniciativa de:
CONSEJO MINERO

Con la asesoría experta de:
Innovum FCH FUNDACIÓN CHILE