SEMINARIO

COMPETENCIAS EN RECURSOS Y RESERVAS MINERAS

PROCESAMIENTO DE MINERALES

FERNANDO TORRES/JAIME DIAZ

Mayo 11, 2009

Índice

- Aspectos de Procesos Relevantes
  - Caracterización Metalúrgica
  - Caracterización Mineralógica
- Procesamiento de Minerales
  - Proceso Concentración
  - Proceso LX-SX-EW

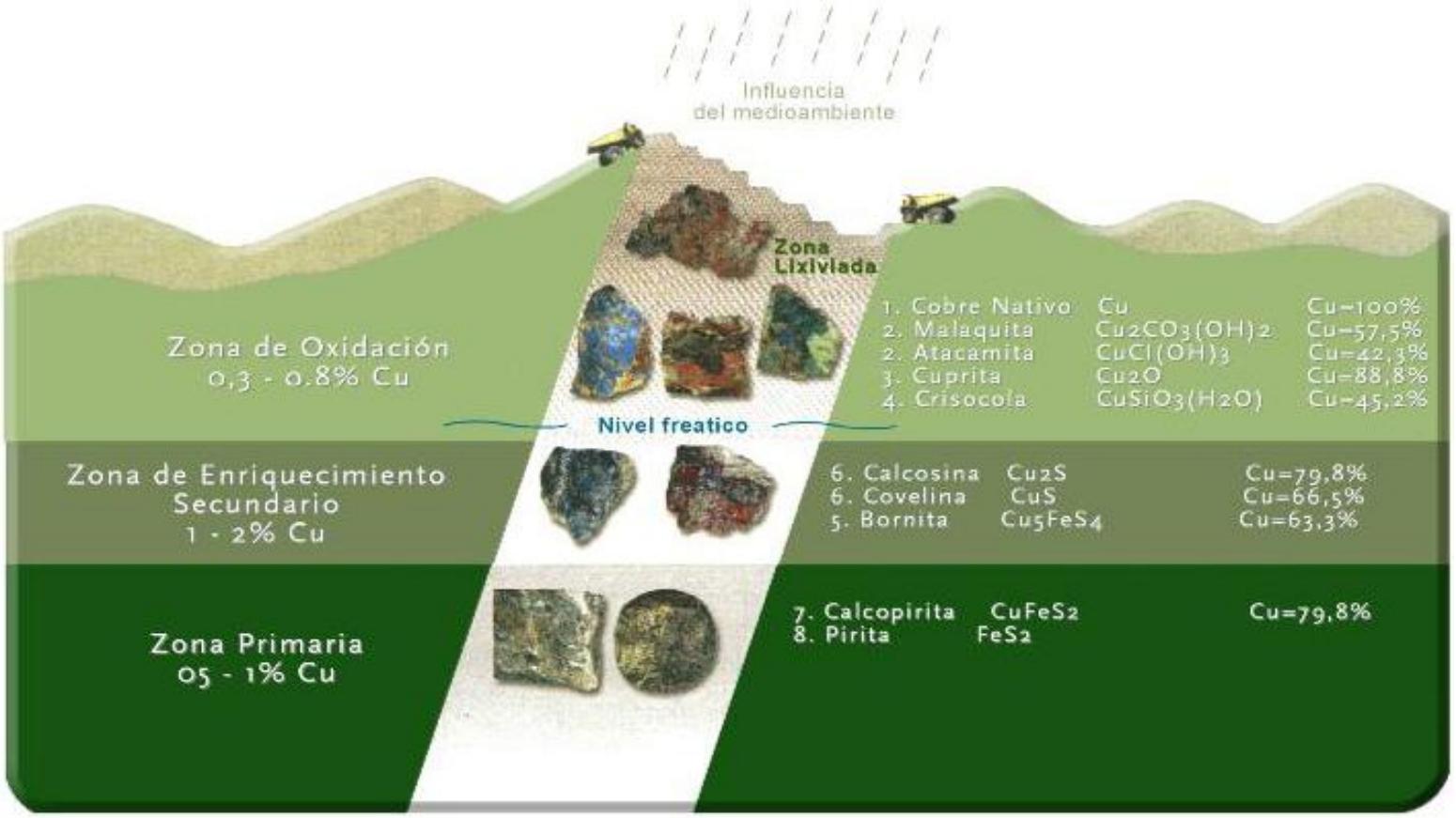
Aspectos Relevantes de Procesos

- Qué, cuánto hay y de qué calidad, en el yacimiento ?
  - Reservas, recursos: Cantidad y leyes. Tipo de mineral según su geología.

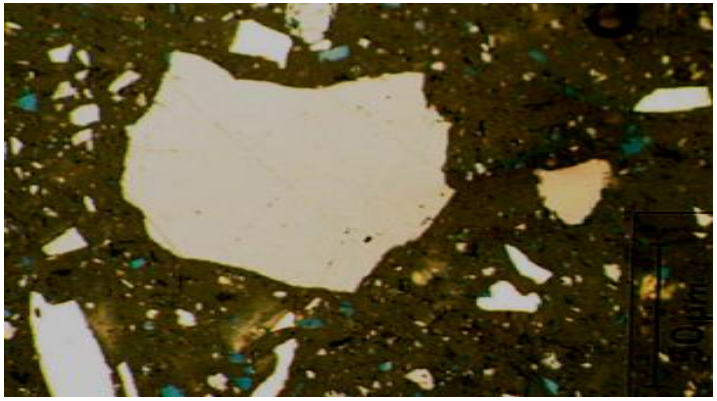
Aspectos Relevantes de Procesos

- Cómo y cuánto se puede recuperar de sus elementos de interés?
- Qué tipo y calidad de producto comercial se puede lograr ?
  - Pruebas metalúrgicas a nivel laboratorio y piloto
    - Caracterización mineralógica
    - Pruebas de reducción de tamaños de partículas
    - Pruebas de concentración o lixiviación
    - Pruebas de espesamiento
    - Pruebas de filtrado
    - Pruebas de reología de pupas
    - Pruebas para sistemas de manejo de minerales y productos secos
  - Simulación del procesos
    - Optimización del proceso
    - Dimensionamiento del proceso para diseñar instalación y estimar costos de capital y operación.

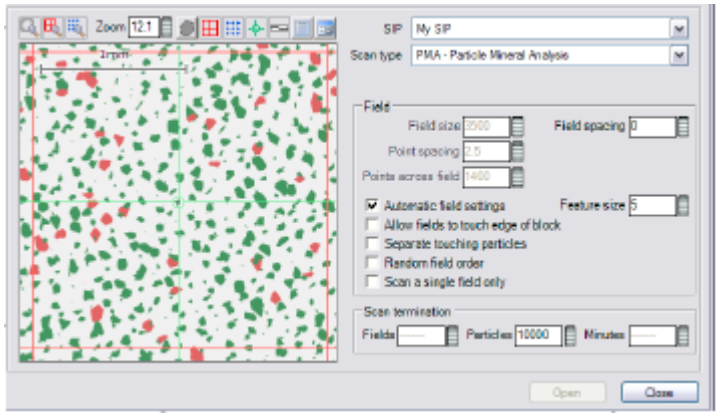
Caracterización Mineralógica



Caracterización Mineralógica



Análisis microscópico (1)



Análisis microscópico (2)

Análisis microscópico (1)

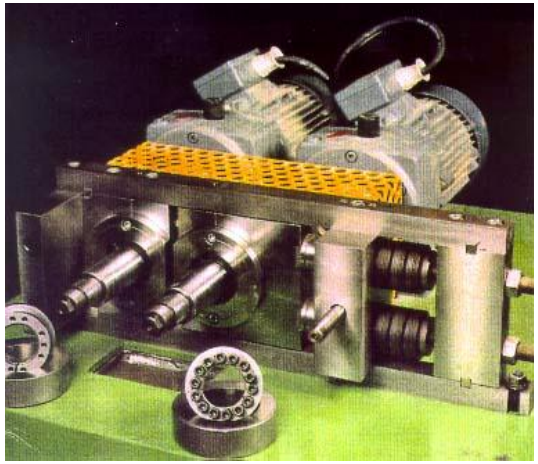
Análisis granulométrico

Caracterización Metalúrgica – Laboratorio

Work Index - Chancado

Test SMC JK

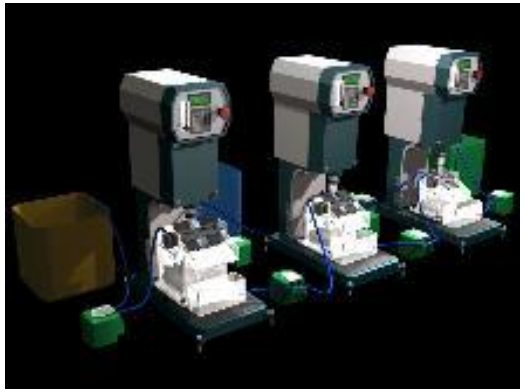
Work Index - Bolas



Test de Abrasión ATWAL

Test de Torque

Caracterización Metalúrgica – Laboratorio



Flotación en celdas convencionales

Sedimentación de mineral, relaves y/o concentrados

Lixiviación en botellas

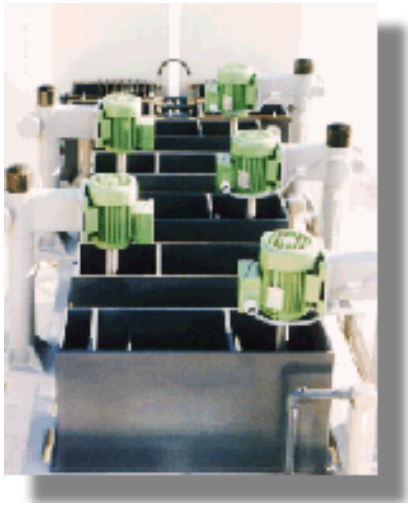
Caracterización Metalúrgica – Piloto

Molienda Sag

Flotación celdas convencionales

Filtración

Lixiviación en columnas



Extracción por Solventes

Pruebas Metalúrgicas

- Costos pruebas:
  - Ingeniería de Perfil : US$ 5,000 - US$ 50,000
  - Pre-factibilidad : US$ 50,000 - US$ $250,000
  - Factibilidad : US$100,000 - US$ 1,000,000 o más

- Costo en pruebas depende de tipos de pruebas a realizar y la cantidad de muestras a ensayar, que depende del grado de precisión buscado para representar la variabilidad de las propiedades del yacimiento.

Resultados Pruebas Metalúrgicas

- Resultados:
  - Flowsheet de Procesos factibles de aplicar
  - Tasa de procesamiento factible
  - Recuperación metalúrgica de elementos de interés e impurezas no deseables
  - Calidad de productos intermedio y finales
  - Consumos de insumos: Reactivos, medios para reducción de tamaño del mineral.
  - Consumos de suministros: Energía eléctrica, agua.

Aspectos Relevantes de Procesos

- Qué costo de operación ?
  - Nivel de tratamiento y producción
  - Proceso de concentración o extracción (tecnología)
  - Condiciones del sitio e infraestructura requerida
  - Precio de recursos (estado de la industria)

Proceso	Costo Operación US$/ton mineral
Lixiviación	3,2 - 4,4
Concentración	3,8 - 6,0

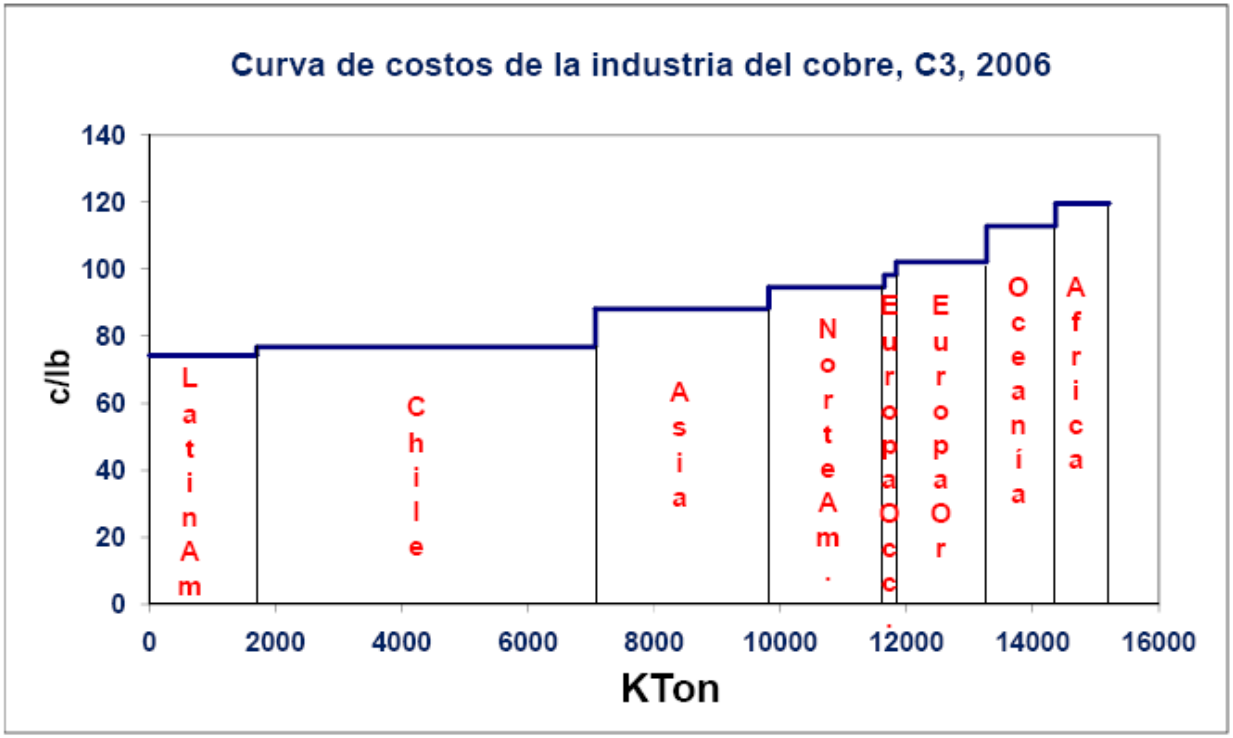
- Qué nivel de ingresos ?
  - Ley del mineral a tratar
  - Ritmo de tratamiento de mineral
  - Recuperación de los elementos de interés (produto, co producto y/o sub producto)
  - Calidad de los productos (concentrados o elemento metálico)
  - Precio según mercado respectivo y condiciones de contratos con compradores

- Qué monto de inversión ?
  - Nivel de tratamiento y producción
  - Proceso de concentración o extracción
  - Condiciones del sitio e infraestructura requerida
  - Precio de recursos (estado de la industria)

Proceso	Unidad	Costo Inversión
Lixiviación	US$/Lb Cu producida	4000 - 6000
Concentración	US$/TPD	9000 - 12000

Costos de Producción

- Los costos de procesos representan del orden del 50% del costo total operacional y de éste, el 50% aproximadamente corresponde a operaciones en reducción de tamaños (concentración).

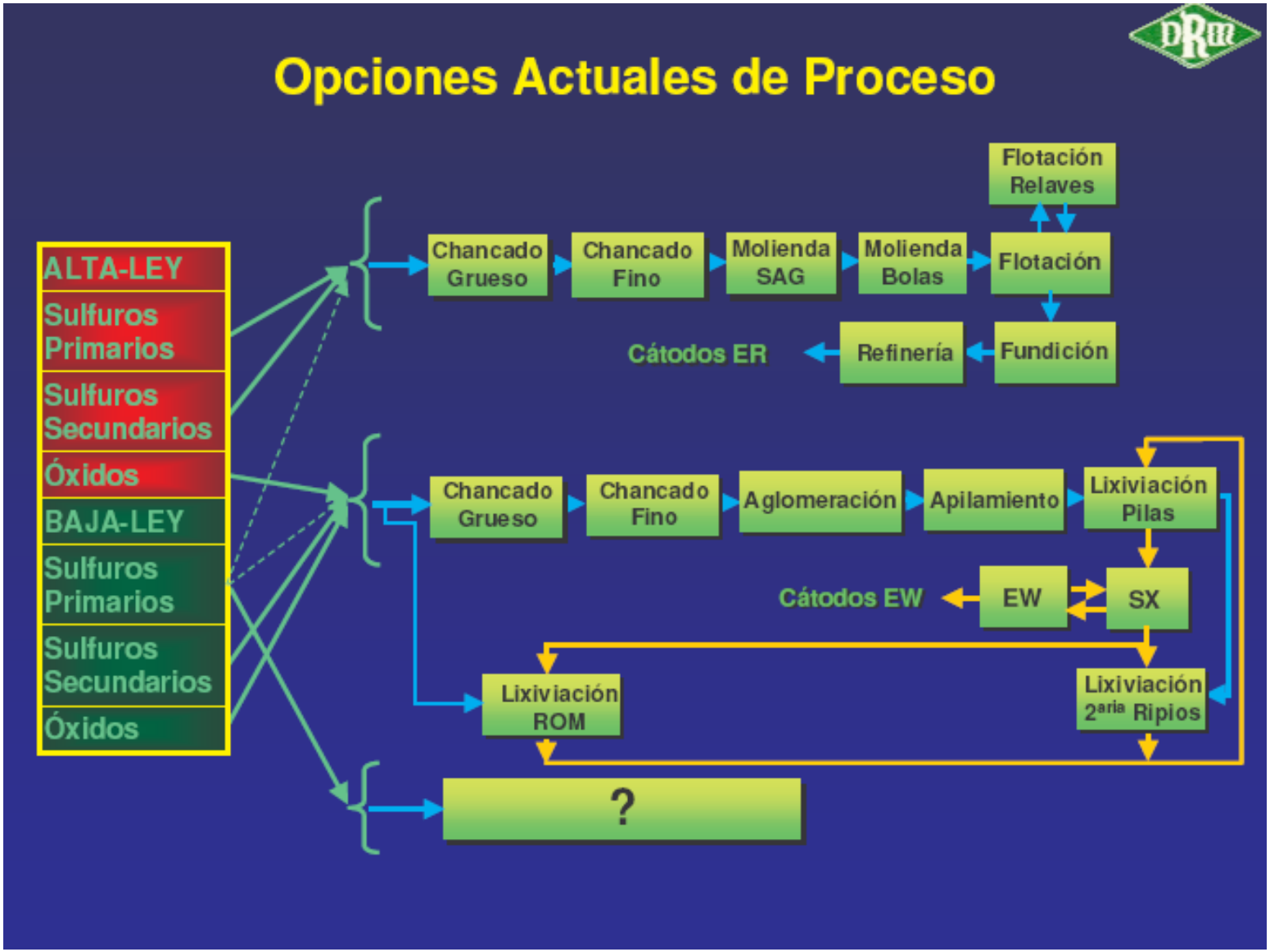


Fuente: Brook Hunt

Aspectos Relevantes de Procesos

- Dónde empezar ?
  - Pruebas metalúrgicas mineral de exploración
    - Laboratorios metalúrgicos: Universidades, institutos tecnológicos, empresas de servicios dedicadas.
  - Dimensionamiento a nivel perfil de procesos y costos de capital y operación.
    - Consultores expertos en procesos y en evaluación de proyectos mineros: Firmas de ingeniería nacionales e internacionales, consultores independientes.
  - Estudio de la industria
    - Benchmark: Procesos, instalaciones y prácticas operativas
    - Usos del producto
    - Commodity y cómo se transa.
    - Actores del mercado
    - Riesgos del mercado

Procesamiento de Minerales



Operaciones Unitarias - Proceso Concentración

- Chancado Primario
- Sistema de Transporte de Mineral (Correas)
- Planta de Chancado Secundario-Terciario
- Planta de Molienda
  - Molienda Convencional
  - Molienda SAG
- Planta de Flotación
- Espesamiento de Concentrado
- Filtración de Concentrado
- Espesamiento de Relaves
- Sistema de Transporte de Relaves
- Depositación de Relaves

Chancado Primario

El chancado primario reduce el tamaño del mineral proveniente de la mina (colpas) desde 40” hasta 6-8 pulgadas, aproximadamente.

Sistema de Transporte de Mineral

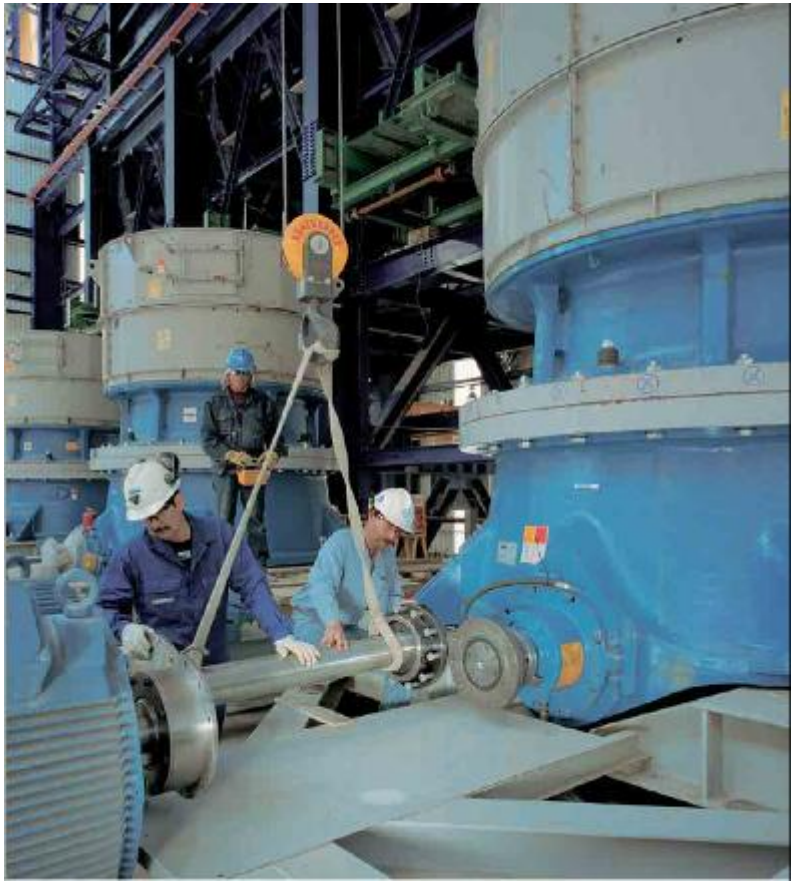
El sistema de transporte de mineral (correas) transfiere el mineral desde chancado primario hacia el stock pile, previo a la planta.

Stock Pile

El stock pile constituyen la interfase entre la mina (proceso batch) y la planta (proceso continuo), lo que hace posible mantener un suministro continuo de mineral a la planta.

Chancado Secundario-Terciario

La planta de chancado secundario-terciario reduce el tamaño del mineral desde 6-8 pulgadas hasta ½”, aproximadamente.



Chancado Secundario-Terciario

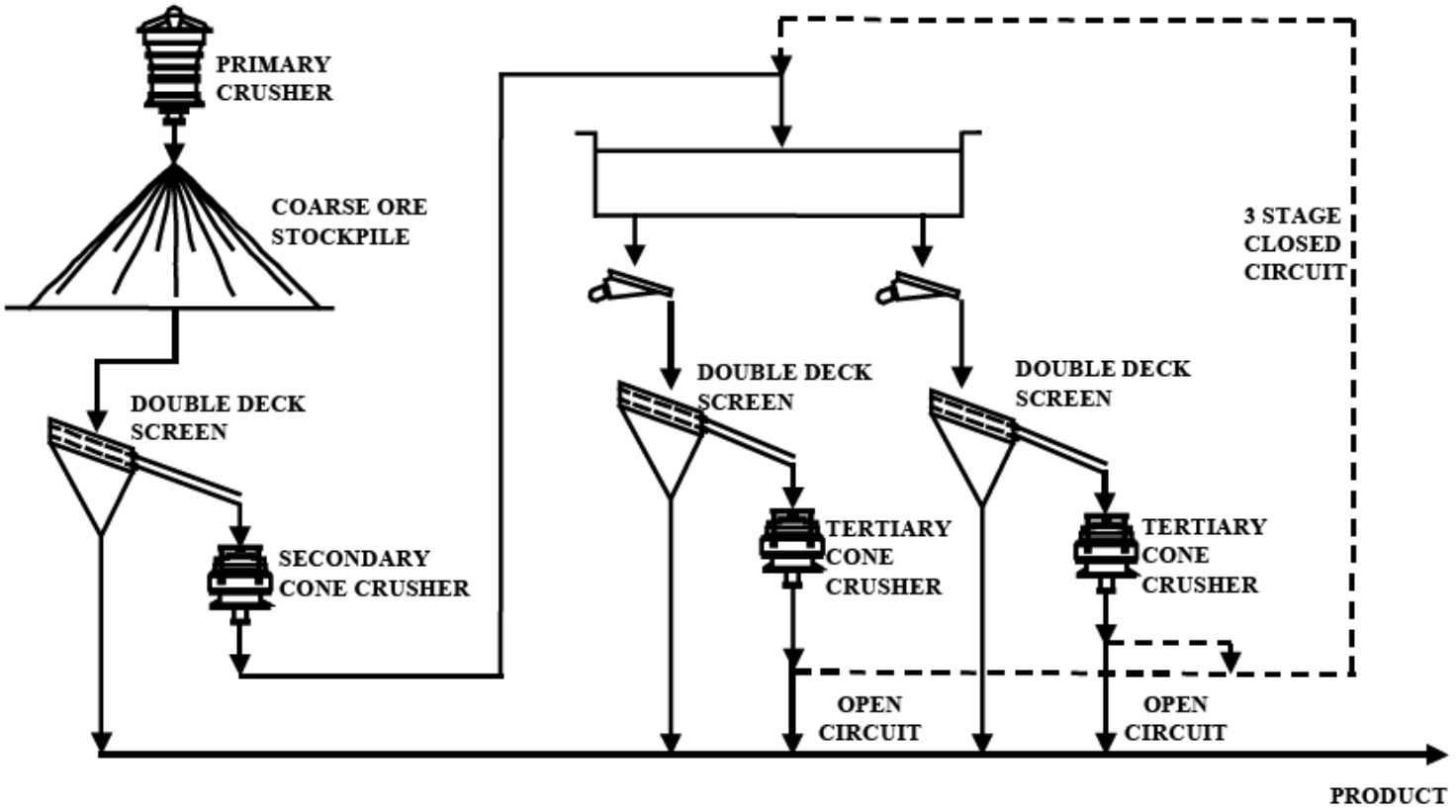


Figure 4 Three stage open/closed circuit

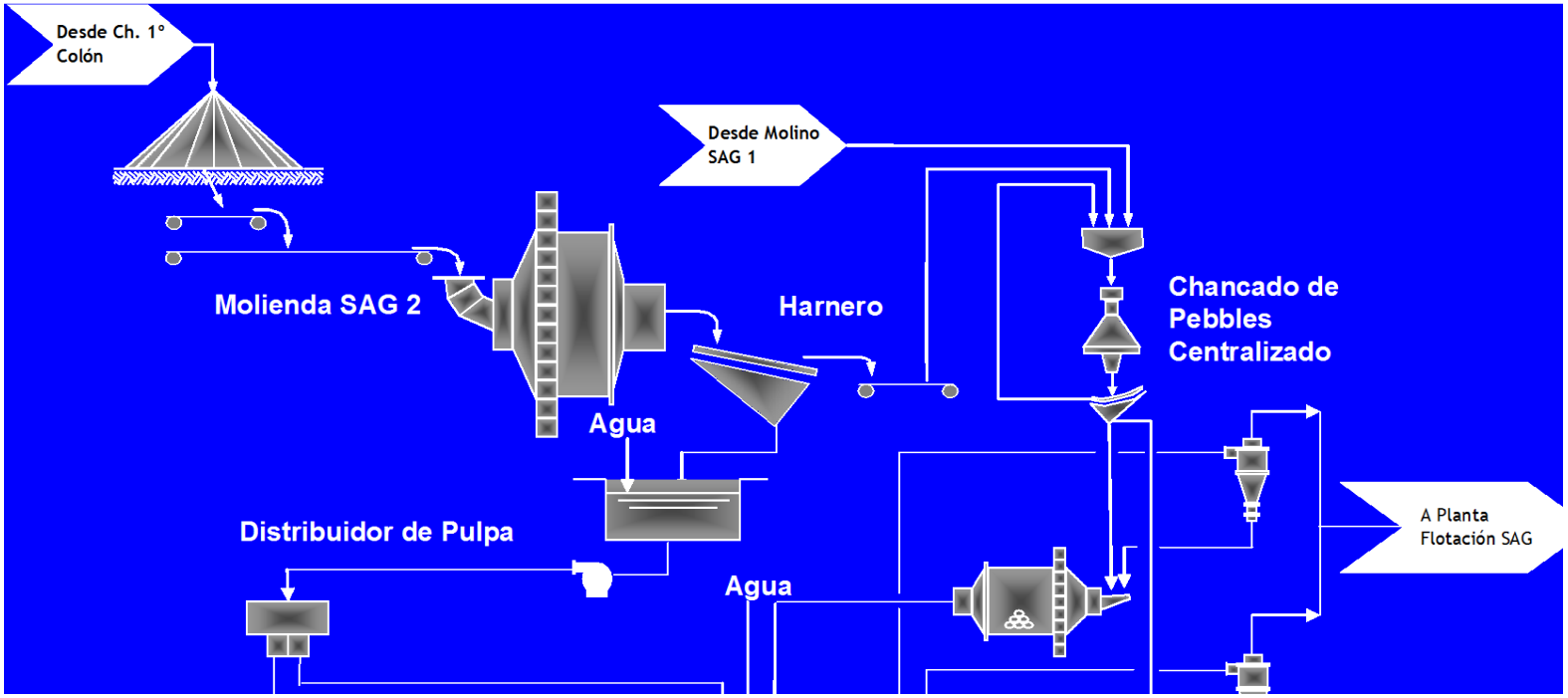
Molienda Convencional

La planta de molienda tiene como función reducir el tamaño de las partículas desde 12 mm (1/2”) a valores entre 150 y 300 um (Chile).

Molienda SAG

La planta de molienda tiene como función reducir el tamaño de las partículas desde 6 a 8 pulgadas a valores entre 150 y 300 um (Chile).

Planta de Molienda SAG



Planta de Flotación (Parte 1)

La planta de flotación permite recuperar y concentrar las especies mineralógicas de valor comercial (Cpy, Cc, Bo, etc.) contenidas en el mineral alimentado desde la Planta de Molienda.

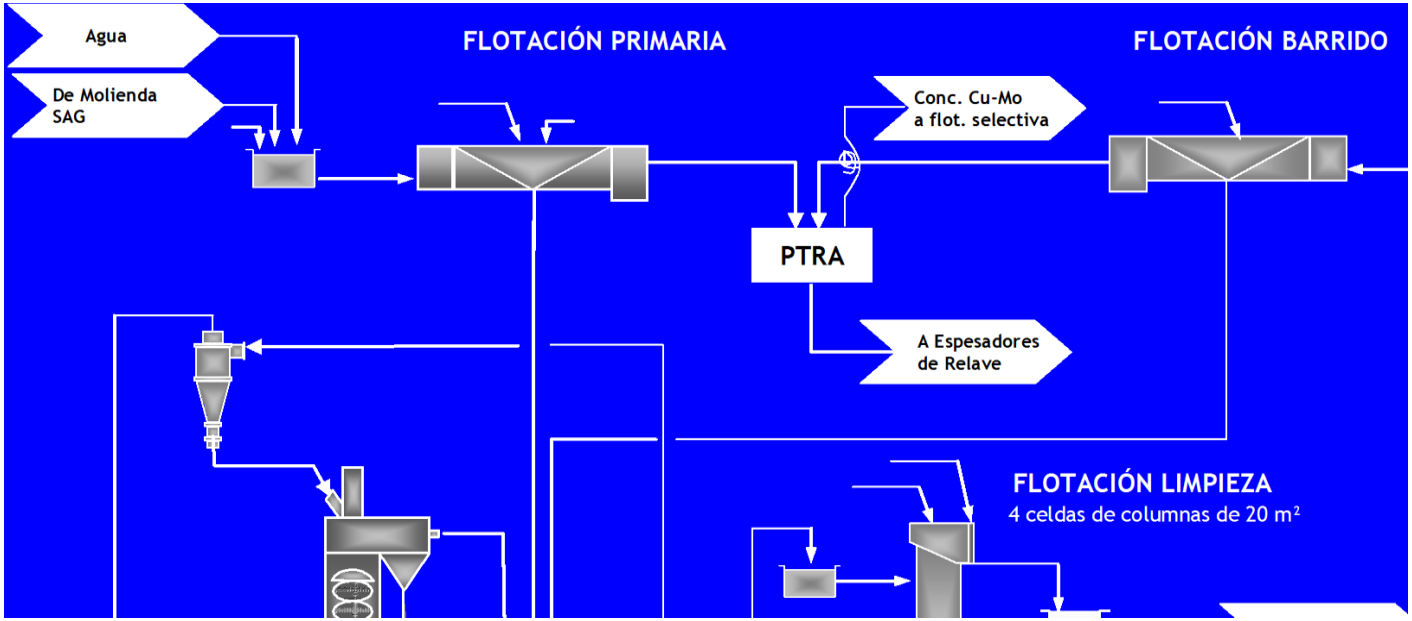
Remolienda – Planta de Flotación

La remolienda termina el proceso de liberación de las especies mineralógicas y permite la concentración de las especies de interés comercial (Cpy, Cc, Bo, etc.).

Planta de Flotación (Parte 2)

La planta de flotación permite recuperar y concentrar las especies mineralógicas de valor comercial (Cpy, Cc, Bo, etc.) contenidas en el mineral alimentado desde la Planta de Molienda.

Planta de Flotación



Espesamiento de Concentrado

El espesamiento de concentrado tiene como función aumentar la concentración de la pulpa a nivel de 70 % (p/p) previo a la operación de filtración.

Filtración de Concentrado

La filtración permite generar un concentrado de cobre con una humedad entre 8 y 10 %, adecuada para el almacenamiento y transporte terrestre y/o marítimo.

Espesamiento de Relaves

El espesamiento de relaves permite recuperar una parte del agua utilizada en las operaciones de molienda y flotación.

Sistema Transporte de Relaves

El sistema de transporte de relaves (canaletas, tuberías o cañerías) permite transportar los relaves desde la planta hacia el depósito de relaves.

Depositación de Relaves

Los depósitos de relaves permiten, por una parte, almacenar los relaves, y por otra, recuperar una parte del agua utilizada en la planta concentradora.

Proceso LX-SX-EW

Operaciones Unitarias - Proceso Lixiviación

- Chancado Primario
- Sistema de Transporte de Mineral (Correas)
- Planta de Chancado Secundario-Terciario
- Curado
- Lixiviación en Pilas
- Extracción por Solventes
- Electro obtención
- Disposición de Ripios

Operaciones Unitarias - Proceso Lixiviación

Curado y Aglomeración

El mineral chancado se mezcla con ácido sulfúrico concentrado y con agua caliente. Este proceso aumenta la temperatura del mineral y su humedad, mejorando la porosidad, oxigenación, permeabilidad y el escurrimiento de la solución para facilitar la extracción del cobre

Curado y Aglomeración

El mineral aglomerado se deposita en pilas sobre un piso preparado e impermeabilizado y habilitado con sistema de drenaje que canaliza la solución drenada y otro sistema que ingresa aire a las pilas.

Lixiviación en Pilas (LX)

Sobre la pila se esparce solución ácida diluida mediante un sistema de irrigación por goteo. La solución escurre a través de la pila, disolviendo el cobre contenido. El proceso de lixiviación tiene una duración que depende de condiciones intrínsecas del mineral. La solución recuperada por drenaje, rica en cobre disuelto, se alimenta a la etapa de extracción por solvente.

Extracción por Solventes (SX)

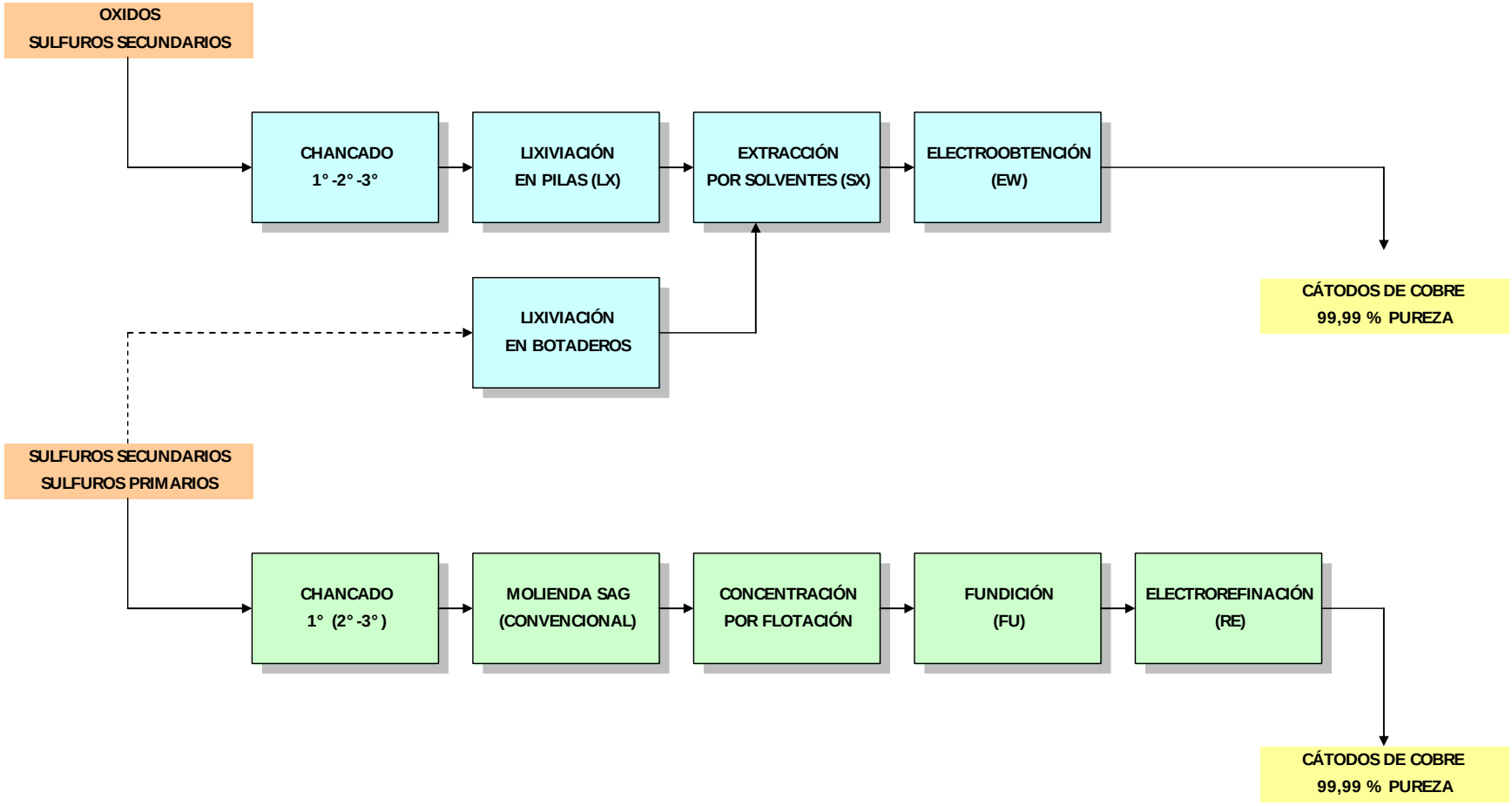
La solución proveniente de la pila se mezcla con solución orgánica, compuesta por diluyente y extractante. La solución orgánica captura los iones de cobre (Cu+2) en forma selectiva. De esta reacción se obtiene el orgánico cargado el que se alimenta al proceso de Electroobtención.

Electro-obtención (EW)

En celdas electrolíticas se alternan un ánodo y un cátodo, se forma un circuito por el que pasa una corriente eléctrica continua de muy baja intensidad que entra por los ánodos y sale por los cátodos. Los ánodos hacen de polo positivo y los cátodos actúan como polo negativo. El cobre en solución (Cu+2) es atraído por el polo negativo, alojándose en la superficie del cátodo en forma metálica.

PREGUNTAS

Vista General Planta Concentradora - MLP

Antamina Mine - Perú

Procesamiento de Minerales