

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA,  
MINERA Y METALÚRGICA



ANÁLISIS Y ESTIMACIÓN DE COSTOS  
PARA UN PROSPECTO MINERO

## INFORME DE INGENIERÍA

Para optar el Título Profesional de  
INGENIERO DE MINAS

Presentado por:  
**CARLOS ALBERTO GARCIA ROSALES**

LIMA - PERU  
2000

A : Lucero, Alejandro y  
Dorila, mi hija y Padres  
Que siempre estaran  
Presentes

**ANALISIS Y ESTIMACION DE COSTOS  
PARA UN PROSPECTO MINERO**

# **TEMARIO**

## **Resumen y Conclusiones**

- 1) Introducción**
- 2) Antecedentes**
- 3) Análisis de Alternativas y Selección de Métodos de Explotación.**
- 4) Diseño**
- 5) Rendimientos y Requerimientos Principales**
- 6) Costo de Operación e Inversiones**
- 7) Costos**
- 8) Infraestructura y Servicios Generales**
- 9) Figuras**

## **RESUMEN Y CONCLUSIONES**

Este modelo tiene por objeto obtener una estimación preliminar de las inversiones y costos de operación en mina y planta para la explotación de un prospecto minero ubicado en la costa sur medio del país.

Se trabaja en base a antecedentes generales de geología e infraestructura de la zona aledañas, estimándose los valores en base a experiencias similares de otras unidades de producción.

Según el modelo geológico planteado se estima que para obtener una adecuada recuperación del yacimiento sería necesaria la aplicación de más de un método de explotación. Se analizan distintas alternativas, seleccionándose aquellos cuya aplicación se ve atractiva y que, además, presentan un equipamiento similar.

Para los métodos seleccionados se determina los parámetros de diseño, rendimientos y requerimientos de equipos principales, obteniéndose finalmente los costos de operación e inversiones correspondientes.

En la sección de planta concentradora se elabora un diseño preliminar para tratar por flotación a una capacidad de 900 ton/día, previendo que el mineral es predominantemente sulfuros. Como complemento a lo anterior se analiza brevemente un tratamiento por lixiviación en pilas y cementación para 500 ton/día que emplea el mismo proceso de chancado que la flotación.

Para ambas plantas se estima la inversión necesaria, considerando el empleo de equipo nuevo y el costo de operación correspondiente.

Las principales conclusiones que pueden extraerse de este estudio son:

1. Los métodos más adecuados y sus características principales son:

MÉTODO	RECUPERACIÓN N (%)	SELECTIVIDAD	DILUCIÓN (%)	ESTABILIDAD	PRODUCTIVIDAD
Open Pit	---	Muy buena	---	---	Muy alta
Sublevel Stoping	70 - 80	Regular	10 - 15	Regular	Alta
Room and Pillar	80 - 90	Buena	03 - 05	Regular	Reg. a alta
Cut and Fill	80 - 90	Buena	03 - 05	Buena	Reg. a baja

Estos valores o apreciaciones cualitativas son referenciales, dependiendo fuertemente de las características propias del yacimiento a explotar.

2. El costo de operación para cada uno de ellos se estima en los siguientes valores (US\$/ton.):

	PREPARACION	PRODUCCION (3)	GASTOS GENERALES	TOTAL
(1) Open Pit	---	0.78	0.4	1.18
(2) Sublevel Stoping	2.18	1.73	1.17	5.08
(2) Cut and Fill	3.76	1.04	1.82	6.62
(2) Room and Pillar	2.41	2.21	0.73	5.35

- (1) Valores en US\$/ton. de material.  
 (2) Valores en US\$/ton. de mineral.  
 (3) Incluye perforación, Voladura, carguío, transporte, ventilación, sostenimiento y relleno para el caso del cut and fill.

3. La inversión total mina alcanza a 4.469 MUS\$, desglosada en:

Infraestructura: 2.910 MUS\$  
 Equipamiento: 1.559 MUS\$

4. Los diseños mineros propuestos son factibles de operar con un equipamiento común. Si alguno de los métodos se apreciara más conveniente y fuera utilizado en un mayor volumen del yacimiento, puede plantearse una optimización con equipo especializado que conduzca a más altos rendimientos y bajos costos.

5. La inversión necesaria en planta de flotación alcanza a 5.156 MUS\$, con un costo de operación estimado en 4,45 US\$/ton.

Para complementar esta planta con una de lixiviación en pilas y cementación de 500 ton/día, se requeriría ua inversión adicional de 975 MUS\$. El costo de tratamiento en este proceso sería de 8,68 US\$/ton., incluido el chancado.

6. La inversión en infraestructura alcanza a 1.180 MUS\$, siendo los items más relevantes:

Energía eléctrica: 495 MUS\$  
 Agua: 440 MUS\$

Un estudio más detallado podría indicar la conveniencia de adoptar otras soluciones; por ejemplo, adquirir grupos generadores.

7. La inversión global con planta de flotación a 900 ton/día alcanza a 9.625 MUS\$; el costo global llegaría en este caso a 10,60 US\$/ton., suponiendo un costo promedio mina de 5,0 US\$/ton. Estas cifras son bastante similares a las de operaciones en situaciones parecidas, cercanas a la zona de estudio.

## **1. INTRODUCCIÓN**

El presente estudio tiene por objeto obtener una estimación preliminar de las inversiones y costos de operación para la explotación de un prospecto minero ubicado en el Sur del país.

Su alcance incluye la selección de aquellos métodos de explotación que se estimen adecuados para el tipo de yacimiento en cuestión, la determinación de los parámetros de diseño y la estimación de los requerimientos y rendimientos asociados a ellos, a fin de obtener a continuación los costos de operación e inversiones correspondientes.

En lo que respecta a métodos de explotación, se ha optado por seleccionar aquellos cuya aplicación, de acuerdo a los antecedentes existentes, se visualiza atractiva, tanto desde el punto de vista técnico como económico y que, además, presenten un equipamiento similar. Ello en razón de que se estima como muy probable que para una explotación eficiente del yacimiento en estudio será necesario emplear distintos métodos, dependiendo de las características que se presenten en los diferentes sectores. Cabe destacar que al utilizar este criterio se está optimizando la explotación global del yacimiento y no la aplicación particular de cada uno de los métodos, lo que podrá realizarse en etapas posteriores.

Adicionalmente, y como complemento, se realiza la estimación de las inversiones y costos asociados a la construcción y operación de un planta de concentración por flotación y a la infraestructura adecuada para el equipamiento de estas instalaciones.

El trabajo es a nivel conceptual, y se base en un conjunto de datos generales sobre la ubicación, geología y morfología del yacimiento y sobre las condiciones existentes en su entorno. En los casos en que se ha estimado pertinente, se han utilizado algunos supuestos a fin de poder determinar ciertas cifras específicas.

## **2. ANTECEDENTES**

Los antecedentes, proporcionados por la empresa, sobre los cuales se basa el análisis conceptual, son los siguientes:

- **Ubicación:** El prospecto minero en estudio se encuentra ubicado en la costa Sur del Perú, a 16 km. de la costa y a una elevación de 700 m.s.n.m.
- **Geología y morfología:** La información geológica de que se dispone es bastante general, estimándose que las características principales del prospecto en estudio son similares a los de otros yacimientos ubicados en la zona costera, a saber: yacimientos emplazados en zonas andesíticas, cuya mineralización se presenta en cuerpos tipo brecha y/o mantos, siendo controlada por una falla principal y por un conjunto de estructuras menores.

El sector mineralizado tiene una forma elongada, de alrededor de 600 m. de longitud y 100 m. de ancho. Su profundidad varía desde 30 a 300 m. Los cuerpos de interés para su explotación se encuentran contenidos en el mencionado sector, correspondiendo en parte a mantos y en parte a brechas.

Para efectos de este estudio, se supondrá que el yacimiento consiste en una brecha central, de unos 30 m. de ancho por 80 de largo y 300 m. de profundidad, con una concentración de altas leyes y contornos irregulares en los últimos 100 m., rodeada de cuerpos mantiformes de leyes variables.

Se supondrá, además, que las reservas geológicas cubicadas son del orden de dos millones de toneladas de mineral en brecha y un millón en mantos.

- **Calidad de roca:** Desde el punto de vista geomecánico, en el caso de las brechas, se estima que la roca es de competente a muy competente, y en el caso de los mantos, medianamente competente.
- **Topografía:** La topografía es tal, que no presenta limitaciones para la construcción de instalaciones en el entorno del yacimiento, y permite ubicar la planta concentradora a aproximadamente 2 km. de la mina, a una elevación de 400 m.s.n.m.
- **Abastecimiento de agua:** El abastecimiento de agua industrial se realizará desde la costa con agua de pozo subterránea, cubriendo hasta la planta una distancia de 14 km. y una diferencia de cota de 400 m.

**Abastecimiento de energía eléctrica:** Se estima factible conectarse a la red pública de distribución pública, a un voltaje de 13.200 volts., distante unos 25 a 30 km. de la zona de trabajo.

**Ritmo de producción:** El ritmo de producción mina y de tratamiento en planta de beneficio considerado es de 900 TPD, operando 350 días por año, o sea, el equivalente a 315.000 ton. de mineral por año.



### **3. ANALISIS DE ALTERNATIVAS Y SELECCIÓN DE MÉTODOS DE EXPLOTACIÓN**

#### **3.1 General**

El presente capítulo tiene por objeto seleccionar aquellos métodos que se visualicen como solución técnica y económica viable para la explotación del área en estudio.

De los antecedentes geológicos y topográficos se desprende que, al menos en el sector superior del yacimiento, podría ser aplicado el sistema de tajo abierto (Open pit) hasta límites en profundidad en los cuales éste se haga antieconómico por aumento de la razón estéril a mineral. A partir de esos límites será necesario seleccionar algunos métodos subterráneos, para lo cual se realiza a continuación una descripción general de ellos y un análisis comparativo, de acuerdo a las condiciones que presenta el yacimiento.

#### **3.2 Métodos de Explotación Subterráneos**

La aplicación de un método de explotación subterráneo a un yacimiento o a un sector de él depende de diversos factores, entre los que destacan principalmente los siguientes:

- **Configuración geométrica:** Corresponde a las dimensiones y forma que presenta el yacimiento o sector a explotar. En cuanto a forma, se distinguen principalmente tres tipos: tipo manto o estrato, tipo veta y depósitos masivos.
- **Ubicación, disposición y orientación:** Estos factores se refieren a la profundidad en que se encuentra el sector mineralizado, su inclinación o buzamiento, su rumbo y su conformación básica en cuanto a la continuidad que presenta la mineralización.
- **Condiciones geomecánicas de la roca:** Considera propiedades tales como resistencia a la compresión, a la tracción, RQD, frecuencia de fracturas tanto de la roca mineralizada como de aquellas que la rodean.
- **Valor y distribución espacial de la mena:** En este caso cobran importancia conceptos tales como cantidad de dilución y recuperación aceptables, flexibilidad para variar los ritmos de producción y selectividad en la explotación.
- **Condiciones ambientales del entorno:** Cualquier método de explotación debe ser compatible con las condiciones del entorno, principalmente en relación a los cambios topográficos en la superficie debidos al fenómeno de subsidencia.

En general, los métodos de explotación subterráneos se clasifican en tres grupos, dependiendo del tratamiento de las cavidades creadas al extraer el mineral durante la explotación. Ellos son:

**Métodos por cámaras vacías:** Corresponden a aquellos métodos que utilizan pilares de roca para sostener las cavidades creadas por la explotación. Los pilares generalmente van emplazados en roca mineralizada y pueden recuperarse en forma total o parcial al final del proceso. Los métodos de cámaras vacías de más frecuente aplicación son el de cámaras por subniveles (sublevel stoping) y el de cámaras y pilares (room and pillar).

**Métodos por cámaras rellenos:** Son aquellos en que los pilares por la explotación se mantienen rellenos con algún material del proceso extractivo. El relleno a utilizar dependerá de cada caso particular. Las principales variantes corresponden a mineral quebrado como relleno), corte y relleno (usa relaves estéril como relleno) y square set (usa madera o madera y

**Métodos por hundimiento:** Son aquellos en que se produce o hundimiento espontáneo de la roca mineralizada y/o de la roca para fin de mantener llenos los cámaras de explotación. aplicaciones son hundimiento de bloques (block caving), subniveles

En este caso, dado que los antecedentes geológicos indicarían que los sectores interesantes a considerar en una eventual explotación corresponden a cuerpos relativamente independientes entre sí (tipo mantos y/o brechas), puede descartarse, en esta etapa, la aplicación del grupo de los métodos por hundimiento. Ellos están concebidos para la explotación de yacimientos masivos, de alta producción y que admitan un nivel apreciable de dilución.

Con respecto a los otros grupos de métodos, en general ellos son aplicables al yacimiento en estudio, estimándose que incluso es posible adoptar combinaciones de ellos, a fin de ajustarse a las características propias que presenta cada uno de los cuerpos o sectores, sobre todo en lo referente a forma, geometría, distribución de la mineralización, ubicación relativa, características geomecánicas, etc.

La posibilidad de hacer compatible la explotación utilizando distintos métodos lleva implícita la idea de intercambiabilidad de equipos, lo que significa, por una parte, que los equipos principales a emplear en cada caso deben ser del mismo tipo y, por otra, que debe existir una infraestructura general que permita acceso expedito y movimiento de los equipos entre los diferentes sectores.

En base a estas consideraciones y a la flexibilidad que otorgaría el hecho de poder aplicar métodos alternativos, se han seleccionado tres métodos de explotación subterránea de equipamiento similar e infraestructura compatible, situación que permitirá realizar con mayor facilidad una comparación entre ellos.

Los métodos seleccionados son:

- Sublevel stoping
- Room and pillar (cámaras y pilares)
- Cut and fill (corte y relleno)

Estos tres métodos, además del sistema open pit (tajo abierto) son los más comunmente utilizados para la explotación de yacimientos del tipo del prospecto en estudio, ubicados en zonas costeras del país.

Una breve descripción de cada uno de ellos es la siguiente:

- Sublevel stoping (Figura N°1)

El método consiste en la explotación de cámaras de dimensiones determinadas, en los cuales el arranque se realiza mediante perforación y voladura, desde uno o más niveles diseñados para ello, extrayéndose el mineral por su base a través estocadas de carguío. Los cámaras se mantienen vacíos a lo menos durante el período en que son explotados.

Cada cámara requiere de un conjunto de labores que deben ser desarrolladas en la etapa de preparación. Ellas son: nivel de extracción, galerías de perforación, chimeneas y/o rampas de acceso y ventilación y chimenea de slot, cuyo objeto es proveer la cara libre para iniciar la producción.

El método es aplicable a yacimientos masivos y a yacimientos tabulares cuya inclinación exceda razonablemente el ángulo de reposo del material quebrado, a objeto de tener un flujo expedito de éste hasta los puntos de extracción. Respecto a estabilidad, dado que las cajas y, ocasionalmente, el techo de los cámaras no llevan sostenimiento, se requiere que tanto la roca mineralizada como la encajadora sean de una competencia tal, que no se produzcan colapsos. Los límites de mineralización deben ser lo más regulares posibles, puesto que dentro de la unidad de explotación, la selectividad es prácticamente nula.

Cabe destacar que es posible, en etapas posteriores a la extracción de cámaras, recuperar los pilares remanentes, operación practicada en diversas aplicaciones del método.

- Room and pillar (Figura N°2)

Corresponde a un método de cámaras abiertos o vacíos, en el cual el mineral es extraído desde cámaras que, además de constituir los frentes de producción son utilizados para carguío y transporte de mineral para acceso y ventilación. A fin de soportar la carga de techo, entre cámaras se van dejando sectores sin explotar que actúan como pilares de roca.

En general el método es aplicable a cuerpos tabulares o lenticulares de poca inclinación, tal que sea posible operar con equipo de transporte en

los cámaras . Sin embargo, existen casos de aplicaciones en cuerpos con inclinación de hasta unos 30°.

Para espesores de hasta 6 m. normalmente se trabaja el arranque a sección completa, es decir, sin labores de preparación. En el caso de espesores mayores, se prepara la explotación extrayendo en primer término una tajada de mineral en el límite superior que servirá para perforar y tronar en forma de banco el mineral remanente del sector inferior.

Este método es altamente selectivo y permite un acucioso control de ley del producto. En el caso de existir una distribución irregular de la mineralización, es posible dejar sectores estériles o de baja ley en forma de pilares o, encasos extremos en que ellos han sido arrancados, depositarlos en sectores ya explotados.

- **Cut and fill (Figura N°3)**

Este método presenta diversas variantes, siendo la más común aquella en que la secuencia de explotación es ascendente y el ciclo operativo consiste en la ejecución secuencial de las siguientes actividades:

- a) Perforación y voladura de una tajada de mineral, al techo del cuerpo en explotación.
- b) Refuerzo de roca, si es necesario.
- c) Carguío de mineral en la cámara y transporte a rampa o pique de traspaso.
- d) Relleno con material estéril de la tajada de mineral extraído. El relleno puede ser de roca estéril traída desde superficie o de los contornos del sector en explotación, ripios de lixiviación, relaves, etc.

El método es aplicable a vetas, cuerpos tabulares inclinados y a yacimientos masivos, en cuyo caso es necesario dejar pilares verticales entre cámaras para el sostenimiento de techo.

Respecto a dilución, es posible esperar que ella exista en algún grado menor, producto del contacto que se produce entre el mineral volado y el relleno estéril. Por otra parte, se le considera un método altamente selectivo, ya que los sectores de baja ley pueden no ser explotados o ser utilizados como relleno, siendo además fácilmente contorneables límites de mineralización irregulares.

### **3.3 Características Principales de los Métodos Seleccionados**

En este acápite se pretende puntualizar las principales características de los métodos seleccionados, a fin de tener una referencia de la eficiencia que

cada uno de ellos presente y, además, poder realizar una comparación general.

Las características anotadas son:

- **Recuperación:** Corresponde a la relación porcentual que existe entre el mineral extraíble, en comparación a la cubicación geológica del mineral contenido en las unidades de explotación.
- **Selectividad:** Se refiere a la capacidad de discriminar, en una o más fases del proceso productivo minero, lo que es mineral del material estéril o de baja ley. Una buena selectividad permite tomar decisiones oportunas sobre la conveniencia de explotar sectores determinados y/o sobre el lugar de destino del material producido: planta beneficio, acopios o botadero.
- **Dilución:** Porcentaje de material estéril o de baja ley que se extrae junto con el mineral.
- **Estabilidad:** Se refiere a la capacidad de sustentación que presenta el conjunto de excavaciones mineras, inherentes a cada método.
- **Productividad:** Es la eficiencia operativa global de cada método, representada por la eficiencia de las operaciones unitarias principales, medidas en producción por equipo y/o por hombre.

En la tabla que se presenta a continuación se muestran valores referenciales o apreciaciones cualitativas, para las características anotadas referentes a cada uno de los métodos de explotación seleccionados.

#### Características

Método	Recuperación	Selectividad	Dilución	Estabilidad	Productividad
	(%)		(%)		
Open pit	---	Muy buena	---	---	Muy alta
Sublevel stoping	70 - 80	Regular	10 - 15	Regular	Alta
Room and pillar	80 - 90	Buena	3 - 5	Regular	Regular a alta
Cut and fill	80 - 90	Buena	3 - 5	Buena	Regular a baja

Estos valores o apreciaciones cualitativas son solamente referenciales, y dependen fuertemente de las características propias del yacimiento a explotar, especialmente en lo referente a forma, profundidad, distribución de leyes y aspectos geomecánicos.

## 4. DISEÑO

### 4.1 Aplicación de Métodos de Explotación a los Diferentes Sectores

De acuerdo a los antecedentes expuestos, se ha idealizado la explotación del yacimiento, tal como se muestra en la Fig. N°4, utilizando los siguientes criterios para la aplicación de los diferentes métodos de explotación:

#### Open Pit:

La aplicación de este método es sumamente atractiva, tanto desde el punto de vista de costos, como de selectividad y productividad, siempre y cuando la razón desmonte-mineral se mantenga dentro de límites económicos. Para efectos de este estudio se considerará su aplicación para los primeros setenta metros del yacimiento, situación que permitirá recuperar la totalidad de la brecha y parte de los mantos existentes hasta esa cota.

#### Sublevel Stopping:

Se aplicará este método a la brecha, entre los 70 y 200 m. de profundidad, sector de leyes regulares, donde se estima es posible aplicar un método que no sea de alta selectividad.

#### Cut and Fill:

Se considera la aplicación de corte y relleno para los últimos 100 m. de brecha, es decir, entre los 200 y 300 m. de profundidad. Ello en razón de que este sector contiene mineral de alta ley, lo que permite aplicar un método de mayor costo, pero de alta recuperación y selectividad.

#### Room and Pillar:

Se aplicará a los cuerpos tipo manto que rodean a la brecha central. En este caso deberá seleccionarse los sectores a explotar, dependiendo de reservas, leyes y volumen de preparación que cada uno de ellos requiera.

Considerando esta distribución de métodos de explotación, la cubicación de reservas geológicas asignables a cada uno de ellos es:

Reservas Geológicas (ton.)			
Método	Brecha	Manto	Total
Open pit	470,000	100,000	570,000
Sublevel stoping	860,000	---	860,000
Cut and fill	670,000	---	670,000
Room and pillar	---	900,000	900,000
	2,000,000	1,000,000	3,000,000

Para recuperaciones normales en cada caso, el cuadro de reservas mineras es el siguiente:

Reservas Mineras (% recuperación)						
Método	Brecha		Manto		Total	
Open pit	470,000	(100%)	50,000	(50%)	520,000	(91%)
Sublevel stoping	690,000	(80%)	---		690,000	(80%)
Cut and fill	600,000	(90%)	---		600,000	(90%)
Room and pillar			360,000	(40%)	360,000	(40%)

## 4.2 Equipamiento

Tal como se estipuló en el capítulo anterior, la selección de métodos de explotación se realizó en base a consideraciones técnicas y económicas, y al criterio de uniformidad de equipos principales a utilizar en el proceso productivo en cada uno de ellos.

Dichos equipos principales para las diferentes operaciones unitarias son:

**Perforación:**

Equipo down the hole (DTH), con el diámetro de perforación de 3.1/2" a 4" para producción en open pit, sublevel stoping y room and pillar. En el caso de desarrollo para los tres métodos subterráneos y producción en cut and fill, perforadoras manuales jackleg con diámetro de 1.1/4".

**Carguío:**

En todos los casos cargador frontal de 3.1/2" a 4 yd<sup>3</sup> de capacidad.

**Transporte:**

En todos los casos camión de carretera de 15 a 20 ton. de capacidad.

**Servicios:**

Para el caso de open pit se requiere como equipo de servicio un bulldozer y una motoniveladora.

## 4.3 Infraestructura y Parámetros de Diseño

La infraestructura general y los parámetros de diseño han sido determinados en base al equipamiento definido para las operaciones unitarias principales en cada uno de los métodos.

Referente a infraestructura, se considerará como tal aquellas labores de acceso y de ventilación que sirven a toda la explotación subterránea y que deberán construirse independientemente del método de explotación que se aplique a cada uno de los sectores.

Ellas son:

#### **Rampa de acceso:**

Corresponde a una labor de 5 x 4 m. de sección, 3 km. de longitud y 10% de pendiente, ubicada en las proximidades de la brecha, que va desde superficie hasta los 300 m. de profundidad. Sus funciones principales son las de proporcionar acceso de personal, equipos y materiales a los diferentes niveles desde los cuales se explotará el yacimiento y servir como vía de transporte para la extracción de mineral desde interior mina.

#### **Piques de ventilación:**

Se estima necesario contar con dos piques de ventilación, de 300 m. de longitud y sección 2,5 x 2,5 m. para la inyección de aire fresco y extracción de aire viciado. Ellos deberán ubicarse cercanos a la brecha y, al menos, en uno de los casos, en las inmediaciones de la rampa de acceso, a fin de posibilitar una adecuada ventilación de esta labor durante su desarrollo y en la etapa productiva.

Por su parte, los parámetros de diseño están definidos básicamente por la geometría y dimensionamiento de las unidades de explotación y, en los casos de métodos subterráneos, por las labores de preparación necesarias para cada una de ellas.

En lo que sigue se determinarán estos parámetros para cada uno de los métodos, los que servirán de base para estimar posteriormente los costos operacionales correspondientes.

#### **Open pit:**

Dado que no existe información en cuanto a la cantidad y características de desmonte que será necesario remover por tonelada de mineral, se supondrá, en este caso, diseños idénticos y utilización del mismo equipo para extracción de mineral y de desmonte.

La altura de banco considerada es de 10 m., y el diagrama de perforación en malla de 3,5 x 4 m. con una sobreperforación para vencer el confinamiento de 1,20 m.

Ello representa un índice de perforación específico de 12,5 m<sup>3</sup> por metro barrenado, equivalente, para una densidad de 2,6 ton/m<sup>3</sup>, a 32,5 toneladas por metro barrenado.

La voladura se realizará con ANFO, prima de dinamita y fulminantes eléctricos con retardo.

Respecto al resto de las operaciones unitarias, el carguío se realizará mediante cargador frontal a camiones, los que transportarán mineral o desmonte a planta de beneficio o botadero respectivamente, ambos distantes 2 km. de la mina. La distancia media de transporte de material será del orden de 2,5 km.



### Sublevel Stopping:

La aplicación de este método se realizará en el sector de brecha, entre los 70 y 200 m. de profundidad. El diseño contempla la existencia de un nivel de transporte en la base del cámara, con estocadas de carguío hacia una zanja de recolección de mineral de 15 m. de altura. La perforación de producción se realizará desde 4 subniveles, ubicados cada 25 m., lo que significa que la altura de banco será de 21 m., y se utilizará una malla de 2,3 por 2,5 m. Ello representa un índice de perforación específica de producción de 5,8 m<sup>3</sup> por metro barrenado, lo que para una densidad de 2,6 ton/m<sup>3</sup> significa 15 toneladas por metro barrenado.

Las obras que serán necesario desarrollar en cada uno de los niveles, suponiendo una distancia media a la rampa de 25 m. son las siguientes:

- Nivel de transporte:

Acceso rampa de sector mineralizado	25 m.
Galería de transporte	200 m.
Estocadas de carguío (5)	100 m.

- Zanja de recolección:

Galería base	80 m.
Chimenea cara libre (2 x 2 m.)	15 m.
Construcción zanja	15.000 m <sup>3</sup>

- Subniveles de perforación (4):

Acceso rampa a sector mineralizado	25 m.
Galería principal	80 m.
Desquinche nivel perforación	10.000 m <sup>3</sup>
Chimenea cara libre (2 x 2 m.)	20 m.

Con respecto a carguío y transporte, éste se realizará desde las estocadas ubicadas en el nivel de transporte a través de la rampa de acceso hasta la planta de beneficio. La distancia media de transporte será de 4,5 km., de los cuales 2,5 son subterráneos y 2 son por superficie.

### Cut and Fill:

El método de cut and fill se aplicará a los últimos 100 m. de la brecha, vale decir, a una profundidad de entre 200 y 300 m.

Se estima que las reservas contenidas en este sector son de alta ley, y su contorno es bastante irregular, razón por la cual se justificaría la aplicación de un método altamente selectivo que permita la explotación hasta los límites de mineralización.

La secuencia de explotación será ascendente, y se utilizará como relleno material no consolidado. El tamaño de cámara será variable, dependiendo de

la forma del cuerpo, estimándose que la altura de trabajo deberá ser de 4 a 5 m., tal que permita el carguío expedito de los camiones.

El acceso a cada uno de los niveles de explotación se realizará desde la rampa, a través de galerías con -10% de pendiente, las que serán desquinchadas al techo hasta llegar a +10% de pendiente.

La perforación de producción se realizará con máquina liviana tipo jackleg, utilizando una malla de 1,1 por 1,1 m. en los casos en que exista cara libre (voladura contra relleno), lo que representa un índice de perforación de 1,2 m<sup>3</sup> por metro barrenado o 3 ton por metro barrenado. Para la perforación en áreas confinadas, se estima un índice de 0,4 m<sup>3</sup> por metro barrenado o 1 ton por metro barrenado.

Dado que no se tiene información con respecto a la forma del cuerpo, pero se supone de contornos irregulares, se estimará que un 25% del mineral se extraerá de áreas confinadas y un 75% de sectores con cara libre.

Las obras que será necesario desarrollar, suponiendo una distancia media de 50 m entre la rampa y el área mineralizada son:

- |   |                       |
|---|-----------------------|
| • Accesos al cámara (10)                  | 50 m                  |
| • Desquinche accesos al cámara (10)       | 10.000 m <sup>3</sup> |
| • Pique de traspaso relleno (2,5 x 2,5 m) | 300 m                 |

El carguío de mineral se realizará en la cámara , y el transporte a superficie a través de la rampa de acceso. La distancia media de transporte a planta será de 5 km, de los cuales 3 son subterráneos y 2 por superficie.

#### Room and Pillar

El room and pillar se aplicará a los cuerpos mantiformes que rodean a la brecha central. En este caso, los antecedentes con que se cuenta son mínimos, estimándose para su aplicación que se explotarán bancos de entre 15 y 20 m de altura. La malla de perforación es similar a la del sublevel stoping: 2,3 por 2,5 m, con un índice de perforación específica, incluido la sobreperforación, de 5,1 m<sup>3</sup> por metro barrenado o 13,3 toneladas por metro barrenado.

La preparación de los cámaras es similar a la del sublevel stoping; se desarrolla una galería en la parte alta del cámara, y posteriormente se desquinch a lo ancho, a fin de instalar el equipo de perforación de producción.

En este caso tampoco se tiene información de la forma de los cuerpos a explotar, por lo que se estimará que en la etapa de preparación de cámaras un 25% del mineral provendrá de frentes de trabajo en áreas confinadas y un 75% de frentes con cara libre (desquinche). Los índices de perforación en ambas situaciones son los mismos utilizados en cut and fill.

Respecto a acceso a las cámaras , en esta etapa estos serán difíciles de determinar, ya que no se conoce ni la ubicación ni la forma y tamaño de los cuerpos que se explotarán con room and pillar. A fin de poder evaluar esta situación y comparar la aplicación de este método con los anteriores, se le asignará un costo máximo de US\$ 1 por tonelada a extraer en cada cámara por concepto de accesos.

Cabe destacar que, de acuerdo a la ubicación de los mantos con respecto al cuerpo principal (brecha) y a la infraestructura diseñada para su explotación en gran parte de los casos en que se aplique el método de room and pillar, no se contará con un sistema adecuado de ventilación. Ello deberá ser estudiado oportunamente para, al menos, satisfacer los requerimientos mínimos que permitan una operación normal.

## **5. RENDIMIENTOS Y REQUERIMIENTOS PRINCIPALES**

Corresponde en este capítulo determinar los requerimientos de equipos principales para la explotación del yacimiento en estudio.

Para ello, en primer término se analizan los requerimientos por operación unitaria para cada uno de los métodos, y de acuerdo a esos resultados se determina la necesidad de equipos para el proyecto.

El análisis se realiza en base a información de rendimiento de equipos en operaciones similares y a los parámetros de diseño de cada método, para un ritmo de producción de 900 toneladas de mineral por día.

### **5.1 Perforación**

Los rendimientos considerados en perforación son:

- Perforación down the hole, Ø 3.1/2 a 4"                      18 m por turno.
- Perforación manual jackleg, Ø 1.1/2"                      45 m por turno.

El requerimiento de perforadoras en cada uno de los métodos, a tres turnos por día es:

Open pit.

Indice de perforación	32,5 ton/m.perf.
Rendimiento	54 m.perf/día
Capacidad de perforación	1.500 ton/día-máquina
Requerimiento de máquinas operando en producción	1 unidad

Si se considera una razón desmonte/mineral del orden de 2:1, se necesitarán 2 perforadoras adicionales para desmonte.

Sublevel stoping.

Indice de perforación	18 ton/m.perf.
Rendimiento	54 m.perf/día
Capacidad de perforación	810 ton/día-máquina
Requerimiento de máquinas operando en producción	2 unidades

Cut and fill.

Indice de perforación (compuesto)	2.5 ton/m.perf.
Rendimiento	120 m.perf/día
Capacidad de perforación	300 ton/día
Requerimiento de máquinas operando en producción	4 unidades

## Room and pillar.

Indice de perforación	13,84 ton/m.perf.
Rendimiento	54 m.perf/día
Capacidad de perforación	720 ton/día
Requerimiento de máquinas operando en producción	2 unidades

## 5.2 Carguío

El rendimiento de un cargador frontal, trabajando en condiciones normales es de aproximadamente 200 ton por hora efectiva, cifra que se estima adecuada para el open pit. En el caso de operación subterránea, el rendimiento disminuirá de acuerdo a las condiciones que se presenten. Se estima que para sublevel stoping y room and pillar, éste debiera ser de 140 ton/hora y en el caso de cut and fill, dadas las dificultades adicionales de piso, del orden de 110 ton/hora.

Considerando 5,5 horas efectivas por turno y 3 turnos por día, el requerimiento de cargadores es:

### Open pit:

Rendimiento	200 ton/hr.
Capacidad de carguío	3.300 ton/día-máquina
Requerimiento de máquinas operando en producción	1

Para una razón desmonte/mineral 2:1, se requerirá un cargador adicional para movimiento de desmonte.

### Sublevel stoping y room and pillar:

Rendimiento	140 ton/hr
Capacidad de carguío	2.300 ton/día-máquina
Requerimiento de máquinas operando en producción	1

### Cut and fill:

Rendimiento	110 ton/hr.
Capacidad de carguío	1.800 ton/día-máquina
Requerimiento de máquinas operando en producción	1

Se desprende de estas cifras que el mismo equipo de carguío de mineral podrá realizar las labores de movimiento de relleno dentro del cámara.

### 5.3 Transporte

Se considerarán los siguientes datos para el cálculo de rendimiento.

Tiempo carguío camión	10 min
Tiempo descarga camión	1 min
Tiempo maniobras, pesaje, Muestreo, esperas, etc.	9 min
Velocidad media superficie	20 km/hr
Velocidad media subterráneo	10 km/hr

El requerimiento de camiones en cada uno de los métodos es:

Open pit:

Distancia transporte superficie	2,5 km
Distancia transporte subterráneo	
Duración ciclo	27,5 min
Capacidad de transporte	720 ton/día-camión
Requerimiento de camiones operando en producción	2 unidades

Para una razón desmonte/mineral 2:1, se necesitarán 3 camiones adicionales para movimiento de desmonte.

Sublevel stoping:

Distancia transporte superficie	2 km
Distancia transporte subterráneo	2,5 km
Duración ciclo	40 min
Capacidad de transporte	480 ton/día-camión
Requerimiento de camiones operando en producción	2 unidades

Cut and fill:

Distancia transporte superficie	2 km
Distancia transporte subterráneo	3 km
Duración ciclo	44 min
Capacidad de transporte	450 ton/día-camión
Requerimiento de camiones operando en producción	2 unidades

Room and pillar:

En este caso no se conoce la distancia de transporte subterráneo, por lo que se asumirá que el requerimiento de camiones es equivalente al sublevel stoping y cut and fill, es decir, 2 unidades operando en producción.

#### 5.4 Servicios

Los equipos de servicio que se requieren son los siguientes:

Open pit:	1 motoniveladora 1 bulldozer 1 camión de servicios 2 compresores 600 cfm
Métodos subterráneos:	1 camión de servicios 2 ventiladores de 50 HP 2 compresores 600 cfm

La cantidad y potencia de los ventiladores indicados supone condiciones normales en cuanto a resistencia de labores y eficiencia en distribución de caudales. Se estima que el caudal a mover con ambos ventiladores será del orden de 2.000 a 2.500 m<sup>3</sup> por minuto, suficiente para diluir los gases de escape de unos 5 a 6 equipos de 150 HP trabajando simultáneamente.

Adicionalmente deberá considerarse algunos ventiladores auxiliares para circulación secundaria, especialmente en los sectores en que se utilice el room and pillar.

#### 5.5 Resumen Requerimiento de Equipos para el Proyecto

A la necesidad de equipo operando en producción, debe agregarse el equipo necesario para desarrollo en los métodos de explotación subterráneos y algunas máquinas stand by, en los casos que eventuales fallas comprometan los programas de producción.

El requerimiento por operación unitaria para cada método, suponiendo una razón desmonte/mineral de 2:1 en open pit, sería el siguiente:

##### Perforación:

Actividad	N° Perforadoras			
	O.P	SLS	C & F	R & P
<u>DTH, 0 4"</u>				
Producción	1	2	-	2
Desarrollo/mov. desmonte	2	-	-	-
Stand by	-	-	-	-
	3	2	-	2
<u>Manual, 0 1.1/2"</u>				

Producción	-	-	4	
Desarrollo/cachorro	-	4	3	4
Stand by	-	2	3	2
	-	6	10	6
<b>Carguío</b>	<b>N° Cargadores</b>			
Producción	1	1	1	1
Desarrollo mov. desmonte	1	1	1	1
Stand by	1	-	-	-
	3	2	2	2

**Transporte:**

Actividad	N° Camiones			
	O.P	SLS	C & F	R & P
Producción	2	2	2	2
Desarrollo/mov. desmonte	3	1	2	1
Stand by	1	1	1	1
	6	4	5	4

Para el caso de los servicios, la necesidad total de equipos es:

- 1 motoniveladora
- 1 bulldozer
- 1 camión de servicios
- 2 ventiladores de 50 HP
- 2 compresores de 600 cfm

El requerimiento de equipos principales para el proyecto global es:

Equipo	Cantidad
Perforadora DTH, 0 4"	3
Perforadora manual, 0 1.1/2"	10
Cargador frontal 4 yd3	3
Camión 20 ton	
Motoniveladora	1
Bulldozer	1
Camión servicio	1
Ventilador 50 HP	2
Compresor 600 cfm	2



## 6. COSTO DE OPERACIÓN E INVERSIONES

### 6.1 Datos de Base

Los datos de base utilizados en la estimación del costo de operación y de las inversiones en cada uno de los métodos, corresponden a cifras reales obtenidas en operaciones similares.

Ellos son los siguientes:

- Perforación:	DTH, 0 4"	8,0 US\$/m. Barrenado
	Manual, 0 1.1/2"	1,8 US\$/m. Barrenado
- Voladura:	Open pit	0,4 US\$/m <sup>3</sup>
	Sublevel stoping	1,0 US\$/m <sup>3</sup>
	Cut and fill	1,7 US\$/m <sup>3</sup> (áreas confinadas)
		0,8 US\$/m <sup>3</sup> (desquinche)
	Room and pillar	1,3 US\$/m <sup>3</sup>
- Cargador frontal 4 yd <sup>3</sup>		35,0 US\$/hr
- Camión 20 ton		0,08 US\$/ton-km (superficie)
		0,10 US\$/ton-km (subterráneo)
- Galería sección 5 x 4 m		900 US\$/m
- Pique 2,5 m x 2,5 m		350 US\$/m
- Chimenea 2 x 2 m		240 US\$/m
- Preparación (1 m <sup>3</sup> /m-barr)		8 US\$/m <sup>3</sup>
- Relleno		1,2 US\$/ton relleno

### 6.2 Costo de Operación

El costo de operación que se estima a continuación está compuesto por un costo de preparación, en el caso de los métodos subterráneos, por un costo de producción y por un costo de servicios, supervisión y gastos generales.

Open pit

Producción:

- Perforación	<u>US\$/ton material</u>
<u>8 US\$/m barrenado</u>	
32,5 ton/m barrenado	0,25

- Voladura	<u>US\$/ton material</u>
<u>0,4 US\$/m<sup>3</sup></u> 2,6 ton/m <sup>3</sup>	0,15
- Carguío	
<u>35 US\$/hr</u> 200 ton/hr	0,18
- Transporte	
0,08 US\$/ton-km x 2,5 km	<u>0,20</u>
Subtotal producción	0,78
Servicios, supervisión y gastos Generales	0,40
Total Costo Operación	1,18

Para una razón desmonte/mineral de 2:1, el costo de operación por tonelada de mineral, será de 3,54 US\$/ton.

### Sublevel Stoping

Preparación:	<u>US\$ ton</u>
- Acceso rampa a sector mineralizado, galería de transporte y estocadas carguío en nivel transporte.	
<u>(25 m + 200 m + 100 m) x 900 US\$/m</u> 690.000 ton	0,43
- Galería base zanja recolección	
<u>80 m x 900 US\$/m</u> 690.000 ton	0,10
- Construcción zanja	
<u>15.000 m<sup>3</sup> x 8 US\$/m<sup>3</sup></u> 690.000 ton	0,17
- Galerías subnivel perforación	
<u>4 x (25 m + 80 m) x 900 US\$/m</u> 690.000 ton	0,55
- Desquinche nivel perforación	<u>US\$ ton</u>

<u>4 x 10.000 m3 x 8 US\$/m3</u> 690.000 ton	<u>0,46</u>
Subtotal preparación	1,73
<b><u>Producción</u></b>	
- Perforación:	
<u>8 US\$/m. barr.</u> 15 ton/m. barr.	0,54
- Voladura	
<u>1,0 US\$/m3</u> 2,6 ton/m3	0,38
- Carguío	
<u>35 US\$/hr</u> 140 ton/hr	0,25
- Transporte	
0,08 US\$/ton-km x 2 km + 0,1 US\$/ton-km x 2,5 km	0,41
- Ventilación-Sostenimiento	<u>0,60</u>
Subtotal producción	3,91
Servicios, supervisión y gastos generales	<u>1,17</u>
Total costo operación	5,08
<b><u>Cut and Fill</u></b>	
Preparación:	<u>US\$/ton</u>
- Accesos al cámara	
<u>500 m x 900 US\$/m</u> 600.000 ton	0,75
- Desquinche accesos	
<u>10.000 m3 x 8 US\$/m3</u> 600.000 ton	0,13
- Pique transpaso relleno	

<u>300 m x 350 US\$/m</u> 600.000 ton	<u>0,15</u>
--	-------------

Subtotal preparación	1,04
----------------------	------

### Producción

- Perforación

<u>1,8 US\$/m. barr.</u> 2,5 ton/m. barr.	0,68
--	------

- Voladura

<u>0,25 x 0,8 US\$/m<sup>3</sup> + 0,75 x 1,7 US\$/m<sup>3</sup></u> 2,6 ton/m <sup>3</sup>	0,57
--	------

- Carguío

<u>35 US\$/hr</u> 140 ton/hr	0,25
---------------------------------	------

- Transporte

0,08 US\$/ton-km x 2 km + 0,1 US\$/ton-km x 3 km	0,46
--	------

- Relleno

0,80

- Ventilación-Sostemiento

1,00

Subtotal producción	4,80
---------------------	------

Servicios, supervisión y gastos generales	<u>1,82</u>
---	-------------

Total costos operación	6,62
------------------------	------

### Room and Pillar

Preparación (para cuerpos de 20 m de espesor, 40 m de longitud y 40 m de ancho, 83.000 ton)

- Acceso al cuerpo (220 m)	<u>US\$/ton</u> 1,00
----------------------------	-------------------------

- Galería de perforación

<u>40 m x 900 US\$/m</u> 67.000 ton	0,54
--	------

- Desquinche nivel perforación

<u>5.600 m2 x 8 US\$/m3</u> 67.000 ton	0,67
Subtotal preparación	2,21
<b><u>Producción.</u></b>	
- Perforación	
<u>8 US\$/m. barr.</u> 13,8 ton/m. Barr	0,58
- Voladura	
<u>1,5 US\$/m3</u> 2,6 ton/m3	0,57
- Carguío	
<u>35 US\$/hr</u> 140 ton/hr	0,25
- Transporte	
0,08 US\$/ton-km x 2 km + 0,1 US\$/ton-km x 2,5 km	0,41
- Ventilación-sostenimiento	<u>0,60</u>
Subtotal producción	2,41
Servicios, supervisión y gastos generales	<u>0,73</u>
Total costo operación	5,35

### 6.3 Inversión

El costo de inversión de la mina está compuesto por desarrollo de labores de infraestructura y equipamiento.

<u>Labores de Infraestructura</u>	<u>MUS\$</u>
- Rampa de acceso	
3.000 m x 900 US\$/m	2,700
- Piques de ventilación	
600 m x 350 US\$/m	<u>210</u>

Subtotal labores	2.910
Equipamiento	<u>MUS\$</u>
- Perforadora DTH, 0 4"	
3 ud. X 70.000 US\$ c/u	210
- Perforadora manual, 0 1.1/2"	
10 ud x 3.500 US\$ c/u	35
- Cargador frontal 4 yd3	
3 ud x 200.000 US\$ c/u	600
- Camión de 20 ton	
6 ud x 40.000 US\$ c/u	240
- Motoniveladora	
1 ud x 110.000 US\$ c/u	110
- Bulldozer	
1 ud x 200.000 US\$ c/u	200
- Camión de servicio	
1 ud x 40.000 US\$ c/u	40
- Ventilador 50 HP	
2 ud x 12.000 US\$ c/u	24
- Compresor 600 cfm	
2 ud x 50.000 US\$ c/u	<u>100</u>
Sub total Equipamiento	<u>1.559</u>
Total inversiones mina	4.469
	====

#### 6.4 Resumen de Costos

En las tablas que se presentan a continuación se muestra un resumen de los costos de operación por método y de las inversiones requeridas por la mina.

**COSTO DE OPERACIÓN**

	<b>Open Pit (US\$/ton material)</b>	<b>Open Pit (US\$/ton min) L/M = 2:1*</b>	<b>Sublevel Stoping (US\$/ton min)</b>	<b>Cut &amp; Fill (US\$/ton min)</b>	<b>Room and Pillar (US\$/ton min)</b>
--	---	---	--	--	---

**PERFORACIÓN**

	0.25	0.74	0.54	0.68	0.58
--	------	------	------	------	------

**VOLADURA**

	0.15	0.46	0.40	0.57	0.57
--	------	------	------	------	------

**CARGUIO**

	0.18	0.53	0.25	0.25	0.25
--	------	------	------	------	------

**TRANSPORTE**

	0.20	0.60	0.41	0.46	0.41
--	------	------	------	------	------

**RELLENO**

	---	---	---	0.80	---
--	-----	-----	-----	------	-----

**VENTILACIÓN/SOSTENIMIENTO**

	---	---	0.60	1.00	0.60
--	-----	-----	------	------	------

**SUBTOTAL**

	0.78	2.33	2.18	3.76	2.41
--	------	------	------	------	------

**PREPARACION**

	---	---	1.73	1.04	2.21
--	-----	-----	------	------	------

**SUBTOTAL 2**

0.78	2.33	3.91	4.80	4.62
------	------	------	------	------

**SERVICIOS SUPERVISION Y GASTOS GENERALES**

0.40	1.21	1.17	1.82	0.73
------	------	------	------	------

**TOTAL**

1.18	3.54	5.08	6.62	5.35
------	------	------	------	------

**Supone un tratamiento para desmonte idéntico al de mineral.**



### INVERSIONES

ITEM	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (MUS\$)	INVERSION (MUS\$)
<b>Infraestructura</b>			
Rampa acceso	3.000 m.	0.90	2,700
Piques	600 m.	0.35	210
Sub-Total			2.910
<b>Equipamiento</b>			
Perforadora DTH	3.00	70.00	210
Perforadora manual	10.00	3.50	35
Cargador frontal 4 yd <sup>3</sup>	3.00	200.00	600
Camión 20 ton.	6.00	40.00	240
Motoniveladora	1.00	110.00	110
Bulldozer	1.00	200.00	200
Camión servicio	1.00	40.00	40
Ventilador 50 HP	2.00	12.00	24
Compresor 600 cfm	2.00	50.00	100
Sub-Total			1.559
<b>Total inversiones mina</b>			<b>4.469</b>

## **7. COSTOS E INVERSIONES PARA EL TRATAMIENTO DEL MINERAL**

### **7.1 Introducción**

En este capítulo se analiza, a nivel conceptual, una planta de beneficio de minerales para el prospecto en estudio. Considerando que el yacimiento contendría una baja proporción de óxidos, se plantea como alternativa base un tratamiento por flotación, complementándose el análisis con una breve evaluación de planta por lixiviación en pilas y precipitación con chatarra.

El alcance se circunscribe a una ingeniería conceptual preliminar, para la que se supondrán una serie de parámetros, de acuerdo a experiencias de otras operaciones que pueden considerarse como normales, pero que no son necesariamente representativos del yacimiento en estudio. Por lo tanto, el dimensionamiento de equipos y la determinación de inversiones y costos directos de operación corresponden a un nivel de prediseño y prefactibilidad.

### **7.2 Flotación**

#### **7.2.1 Supuestos**

En este acápite se estimarán algunos parámetros de procesos que permitan elaborar un diseño, dimensionamiento de equipos principales y cálculo de costos e inversiones.

##### **a) Producción Mina:**

El abastecimiento de minerales a la planta de beneficio es independiente y puede operar en uno, dos o tres turnos. El transporte se efectúa mediante camiones tolva con 15 a 20 ton. de capacidad.

El tamaño máximo de mineral entregado a parrilla es de 12", y se estima que el 80% está bajo 10". La ley de Cobre Total de alimentación es fluctuante, con una variación de un 20%, y sólo para cálculo de productos, se estima en 2,5%.

##### **b) Características del Mineral:**

Se supone que el mineral presenta buena aptitud para ser concentrado por flotación, con un requerimiento de molienda de 40% -200 #Tyler. El índice de Bond para molienda se estima en 18 KWH/ton corta, y el consumo de bolas en 500 gr/ton.

No se esperan problemas por calidad de aguas de proceso ni interferencia por la presencia de lamas en la flotación.

La razón de concentración se estima en 23:1.

El tiempo de flotación para las etapas Rougher y Scavenger se estima en 10' y 13' respectivamente. La pulpa flota con un 30% de sólidos en peso.

c) **Suministro de Energía y Agua de Proceso**

En relación al suministro de estos dos insumos básicos, se asume que no hay limitaciones en cuanto a cantidad, y que están disponibles en el corto plazo.

La potencia estimada es de 1.000 KW, la que se proporciona a 13.200 volts. El consumo de agua fresca alcanzaría a 8,3 lt/seg.

d) **Ubicación**

Se asume en una superficie relativamente plana, sin mayores inconvenientes para construcciones civiles y sin restricciones de topografía del terreno y de superficie.

### 7.2.2 Diseño

#### Arreglo General y Balance de Materiales

La planta está concebida de la siguiente manera:

- **Recepción:** Los camiones se pesan en una balanza de 40 ton y descargan el mineral a una tolva de igual capacidad. Alternativamente pueden acopiar en un stock pile, en caso de paralización del sistema de chancado o para separación de procesos metalúrgicos o por recepción independiente del chancado.
- **Chancado:** Consta de 3 etapas, con el chancador terciario en circuito cerrado; el primario sería de mandíbulas y los dos restantes de cono standard y short head, respectivamente. No se recomienda tener un stock intermedio después del secundario y, en consecuencia, la muestrera se instalaría al final del circuito de chancado.
- **Molienda:** Se realiza en una sola etapa, mediante dos molinos de bolas en circuito cerrado, con hidrociclones como elementos de clasificación.
- **Flotación:** Se estima una flotación Rougher, cuyas salidas van a un circuito Cleaner y a otro, Scavenger. Estos equipos se calcularán sobredimensionados para adecuarse a variaciones de la ley de alimentación.
- **Secado de Concentrados:** El concentrado obtenido del circuito de flotación Cleaner, se envía a un espesador, y de éste a un filtro de disco para obtener así un concentrado con humedad inferior a un 12%.
- **Cancha de Relaves:** Los relaves de la flotación se envían a una cancha de relaves construido con un dique resistente de empréstito y con

un sistema de drenaje y captación de agua clara, que permita la máxima recuperación de ésta.

El dique resistente podría ser construido con las arenas del relave, según lo determine un proyecto de detalle al respecto.

En el cuadro siguiente se muestran algunos parámetros de diseño y dimensionamiento de equipos para el esquema propuesto.

En la Fig. N°5 se muestra el diagrama de flujo, indicando los equipos principales involucrados.

### PARAMETROS Y FLUJOS PLANTA

<b>- Equipos</b>	F80	P80	Rc	Ton/hr teórico
Chancador Primario	10"	2.1/4"	4.4	82
Chancador Secundario	2.1/4"	7/8"	2.6	91
Chancador Terciario	7/8"	1/4"	3.5	81
Molino Bolas (2)	1/4"	125 um	50	23
<b>- Flujos Pulpa</b>	m3/hr	% sólidos		
Ciclón	198	55		
Rebalse Ciclón	92	35		
Flotación Rougher	10,114	30		

### Dimensionamiento Equipos Principales

#### A. Chancado

Se supone que opera a 2 turnos de 8 horas, con 12 horas de tiempo efectivo de operación, luego la capacidad horaria mínima del circuito será de 75 ton/hr.

##### - Chancador Primario

Según catálogo Kue-Ken, para un F80 a 10", el 80% del mineral queda a 2.1/4", y se requiere un chancador con una abertura de 17" x 42" y motor de 75 HP.

##### - Chancador Secundario

Según catálogo Symons, un chancador de 3' en circuito abierto con setting cerrado a 3/4", tiene una capacidad de 91 ton/hr, entregando un producto con un 84% a -1".

## Chancador Terciario en Circuito Cerrado

Según catálogo Symons, un chancador de 5.1/2" SH con cámara fina, en circuito cerrado con setting cerrado a 3/16", tiene una capacidad de 81 ton/hr, entregando un 85% a -1/4".

- Zaranda Vibratoria

Una unidad de 6' x 12' con malla de 1/4", satisface los requerimientos.

Correas Transportadoras

Son suficientes unidades de 30" y 36".

## B. Molienda

A continuación se describe el circuito típico, que para la capacidad requerida debe duplicarse:

- Stock Pile

Se calcula un stock para 7 días de beneficio, por lo tanto, su capacidad con carga viva es de 7.000 ton.

- Molinos

Para  $W_i = 18$  KWH/TC,  $F_{80} = 6350$  um y  $P_{80} = 125$  um, se tiene:

$$W = 10 \times 18 \left| \frac{1}{\sqrt{125}} \quad \frac{1}{\sqrt{6350}} \right| \text{ KWH/TC}$$

$W = 13,84$  KWH/TC, que sería la potencia de molienda requerida, o bien:

$$W = 13,84 \times 1,102 = 15,2 \text{ KWH/TM}$$

Para molinos de 9.1/2" x 12.1/2" se tiene:

- Diámetro interior =  $114" - 5" = 109" = 9,08'$
- Largo =  $12,5'$

$$\text{- Volumen} = \frac{\pi \times (9,08)^2}{4} \times 12,5 = 809,42 \text{ ft}^3$$

Para un 35% de volumen de bolas se tiene:

$$\text{- Volumen bolas} = 283,30 \text{ ft}^3$$

Considerando un peso de 280 lb/ft<sup>3</sup> de bolas, se tiene un peso de la carga de:

$$\frac{282,30 \times 280}{2.000} = 39,7 \text{ TC}$$

La potencia máxima de molienda por tonelada de carga, se expresa como:

$$KWb = 3,1 D^{0,3} \times (3,2 - 3 Vp) \times Cs \times \left(1 - \frac{0,1}{2^{(9-10 \times Cs)}}\right)$$

en que:

D = Diámetro interior = 9,08'

Vp = Porcentaje de carga = 35%

Cs = Porcentaje de la velocidad crítica = 72%

Se tiene entonces:

$$KWb = 3,1 \times (9,08)^{0,3} \times (3,2 - 3 \times 0,35) \times 0,72 \times \left(1 - \frac{0,1}{2^{(9-10 \times 0,72)}}\right)$$

KWb = 9,03 KW/TC de carga.

Como se cuenta con una carga de 39,7 TC, se obtiene una potencia máxima de molienda de:

$$9,03 \times 39,7 = 358,5 \text{ KW}$$

De acuerdo a lo calculado, se requieren 15,2 KWH/TM de mineral, por lo tanto, la capacidad teórica del molino llegará a:

$$\frac{358,5}{15,2} = 23,6 \text{ TMPH}$$

En 24 horas día y con dos molinos trabajando, se obtiene una capacidad total de 1.132,8 ton/día. Suponiendo una disponibilidad del 90% se llega, finalmente, a 1.109 ton/día, lo que estaría holgado en relación al ritmo definido.

#### - Ciclones

Para una pulpa con las siguientes características:

Qp = 99 m<sup>3</sup>/hr = 436 GPM (por circuito)

Presión = 10 psi

Ø corte = d50 = 62 µm

% sólido en peso = 55%

Se requiere de dos ciclones D-10 tipo Krebs, o bien, uno tipo D-20 para cada circuito de molienda.

### C. Flotación

Si la flotación Rougher se realiza con un 30% de sólido en peso, para 37,5 ton/hr (900 ton/día), se tiene:

Sólidos (ton/hr)	37,5
Agua (m <sup>3</sup> :hr)	87,5
Densidad sólido (ton/m <sup>3</sup> )	2,7
% sólido	30,0

Por lo tanto, el caudal de pulpa alcanza a 101,14 m<sup>3</sup>/hr, lo que para un tiempo de flotación de 10 minutos implica un volumen de celda de:

$$V = 101,4 \times \frac{10}{60} \times 1,2 = 20,23 \text{ m}^3, \text{ es decir, } 715 \text{ ft}^3$$

Es decir, bastaría con 8 celdas de 100 ft<sup>3</sup>, para cumplir holgadamente los requerimientos.

Para la flotación Scavenger, con un tiempo de 13 minutos, se tiene un volumen de 26,3 m<sup>3</sup>, lo que representa 929 ft<sup>3</sup>. Esta capacidad se cumpliría con 10 celdas de 100 ft<sup>3</sup> cada una.

El caudal para la flotación Cleaner sería de 13,8 m<sup>3</sup>/hr, con un tiempo de flotación de 16 minutos, se tiene:

$$V = 13,8 \times \frac{16}{60} \times 1,2 = 4,42 \text{ m}^3 = 156 \text{ ft}^3, \text{ que se satisface con 4 celdas de } 50 \text{ ft}^3.$$

### D. Secado Concentrados

No disponiéndose de antecedentes de sedimentación y análisis granulométrico, se asume que un espesador de 30' de diámetro cumple con los requisitos, y para el caso del filtro sería suficiente con uno de 6 discos, de 6' de diámetro cada uno, con una capacidad para filtrar 2 ton/hr.

### E. Cancha de Relaves

Su diseño y construcción dependen de condiciones topográficas y análisis granulométrico del relave, en consecuencia, se estima sólo, la capacidad del embalse para 10 años, la que alcanza aproximadamente a 3.300.000 ton.

La recuperación de las aguas claras de la laguna es por torres construídas con anillos de hormigón o fierro, los que se conectan por el fondo del tranque a un sistema de tuberías de concreto.

A objeto de asegurar la estabilidad de la represa, y para la recuperación del agua de infiltración, se construyen drenajes en forma de espina de

pescado, cuya matriz se conecta al drenaje que circunda el muro de empréstito.

### 7.2.3 Inversiones

Para el cálculo de inversiones se ha considerado el valor de los equipos principales, definiendo para cada etapa del proceso un monto por concepto de instalación, galpones, tubería, etc. Todos los equipos se suponen adquiridos nuevos.

- Recepción	Equipos (MUS\$)	Obras Civiles y Montaje (MUS\$)	Total (MUS\$)
Balanza de 40 ton.	25		
Stock pile N°1	30		
Correa N°2	24		
Tolva N°3	12		
Galpón 30 m2	2		
	93	33	126
<b>- Chancado</b>			
Alimentador N°4	18		
Parrilla Vibratoria	12		
Chancador Kue-Ken 17" x 42"	105		
Correa N°7	16		
Chancador Cono 3' SH	90		
Correa N°9	24		
Harnero Vibratorio 6" x 12"	40		
Correa N°11	24		
Chancador Cono 5.1/2 SH	207		
Correa N°13	16		
Muestrera	80		
Correa N°15	24		
Correa N°16	16		
Stock Pile 17 - 18	80		
Galpones 330 m2	17		
	769	269	1.038
<b>- Molienda, Flotación, Secado concentrado</b>			
Alimentadores Vibratorios (6)	24		
Correa N°20 - 21	32		
Mol.Bolas 9.1/2 x 12.1/ 2 (2)	1.160		
Ciclones 20" (2)	16		
Bomba Vacseal (2)	30		
Acondicionadores (2)	30		
2000 ft3 celdas de flotación	200		
Espesador 30' diámetro	50		
Filtro disco 6 x 6	60		



- Molienda, Flotación, Secado Concentrado	Equipos (MUS\$)	Obras Civiles y Montaje (MUS\$)	Total (MUS\$)
Tubería y accesorios	107		
Galpón 3000 m2	150		
	1.859	372	2.231
<b>- Tranque relaves</b>			
Muro empréstito	140		
Drenaje	40		
Sist.Cap.Aguas Claras	50		
Tubería y Accesorios	40		
	270	54	324
<b>- Instalac. Servicios Propios</b>			
Mantenimiento 900 m2			
Laboratorio 225 m2			
Prep. Muestra 150 m2			
Bodega 450 m2			
	1.725 m2	173	35
			208
<b>- Equipos</b>			
Mantenimiento	60		
Laboratorio	100		
Prep. Muestra	30		
	190	19	209
<b>- TOTAL</b>			
			4.136
Ingeniería y Serv. del Proy.			420
Contingencias			600
<b>- GRAN TOTAL</b>		<b>MUS\$</b>	<b>5.156</b>

Estos valores no consideran las inversiones por concepto de terrenos, cierres, derechos, campamentos y oficinas, ni abastecimiento de agua y energía eléctrica.

#### 7.2.4 Costos Directos de Operación

En esta sección se ha utilizado la siguiente agrupación de costos:

- Insumos: Energía, combustible y lubricantes, bolas y reactivos.
- Materiales y Repuestos: Revestimiento de chancado, molinos, bombas y ciclones, materiales y repuestos.  
  
Servicios de Terceros: Flete concentrados, arriendo de equipos de movimiento de tierras.
- Servicios Propios: Mantenimiento, control de calidad, agua industrial.

- Mano de Obra: Supervisión, producción directa.

La dotación estimada se configura de la siguiente manera:

Jefe de Planta	1
Jefe de Turno	3
Recepcionistas - Balancero	2
Chancadores	2
Ayudante Chancadores	2
Molinero	3
Flotador	3
Filtrero	2
Relaveros	3
Mostrera Planta	2
Operario Patio	4
Reemplazos	5
<b>Total Planta</b>	<b>32</b>
Mantención	18
Control Calidad	5
Agua Industrial	3
<b>TOTAL</b>	<b>58</b>

En el cuadro siguiente se muestra un resumen del costo.

	Precio (US\$/und.	Consumo	US\$/TON
<b>INSUMOS</b>			
Energía	0,05 US\$/KW	25 KWH/ton	1.25
Combustible-Lubricante	---	---	0.07
Bolas	0,78 US\$/Kg	0,5 kg/ton	0.39
Reactivos	2,0 US\$/Kg	0,16 kg/ton	0.32
<b>SUB-TOTAL</b>			<b>2.03</b>
<b>MATERIALES Y REPUESTOS</b>			
Revestimientos	---	---	0.15
Materiales y Repuestos	---	---	0.16
<b>SUB-TOTAL</b>			<b>0.31</b>
<b>SERVICIOS TERCEROS</b>			
Flete concentrados	15 US\$/ton-conc	0,043 ton-conc/ton-min	0.65
Arriendo equipos	25 US\$/hr.	150 hr/mes	0.14
<b>SUB-TOTAL</b>			<b>0.79</b>
<b>SERVICIOS PROPIOS</b>			
Mantención	---	---	0.25
Control calidad	---	---	0.18

Agua industrial	0,8 m3/ton	0,5 US\$/m3	0.4
SUB-TOTAL			0.83
MANO DE OBRA			
Supervisión	--	---	0.06
Producción	200 US\$/hombre-mes	---	0.43
SUB-TOTAL			0.49
TOTAL COSTO (US\$/TON)			4.45

### 7.3 Lixiviación en Pilas-Cementación

Si fuese necesario tratar mineral oxidado, se plantea su lixiviación en pilas, consistente en aglomerar el producto del chancado terciario, formar y regar las pilas con solución de ácido sulfúrico y precipitar con chatarra.

En la Fig. N°6 se muestra el flujo de este proceso. A nivel esquemático.

Los parámetros básicos para evaluar esta alternativa son:

	Consumo	Precio
Acido	3 kg/kg Cu	40 US\$/TM (*)
Agua	0,6 m3/ton	0,5 US\$/m3
Chatarra	1,3 kg/kg Cu	110 US\$/TM

(\*) Valor proyectado con aumento en la producción nacional.

Se considerará una capacidad de 500 ton/día lo que, según experiencia de operaciones similares requiere de las siguientes inversiones: (US\$)

Lixiviación: Tambor aglomerador	15.000
Preparación terreno (20.000 m2 a 2 US\$/m)	40.000
Carpeta (10.000 m2 a 8 US\$/m2)	80.000
Estanque solución y clarificadores	50.000
Bombas	60.000
Cañerías y fittings	40.000
Instrumentos (medidores de flujo, de nivel, Dosificadores, etc.)	50.000
Cementación: Precipitadores (3 x 3m) acero inoxidable (2)	250.000
Bombas descarga	20.000
Instrumentos	30.000
	635.000 (1)
Montaje (15% de (1) )	95.000
	730.000 (2)
Servicios (agua, energía) (5% de (2) )	36.000
	766.000 (3)
Ingeniería y construcción (10% de (3) )	77.000
	843.000

Capital de trabajo (para: -Ac.sulfúrico	70.000
1 mes de operación) -Chatarra	82.000
-Pta. en marcha	50.000
<b>Total</b>	<b>1,045.000 US\$</b>

El costo de operación puede desglosarse de la siguiente manera, según valores típicos de procesos similares:

	Mano de Obra	Acido	Chatarra	Materiales y Repuestos	Energía	Mantenimiento	Servicios	Total
Chatarra	0.12			0.16	0.36	0.10	0.05	0.79
Aglomerado	0.03	1.78		0.02	0.01	0.01	0.05	1.90
Mov. materiales	0.09			0.30		0.03	0.04	0.46
Lixiviación	0.08	1.22		0.03	0.07	0.03	0.07	1.50
Precipitación	0.04		3.04	0.03	0.05	0.01	0.05	3.22
Filtrado/Secado	0.03			0.03	0.03	0.01	0.01	0.11
Agua	0.01				0.27	0.01	0.01	0.30
<b>TOTAL</b>	<b>0.40</b>	<b>3.00</b>	<b>3.04</b>	<b>0.57</b>	<b>0.79</b>	<b>0.20</b>	<b>0.28</b>	<b>8.28</b>

Notas: Valores en US\$/ton.

Valores y repuestos incluye combustible-lubricante y revestimientos.

Servicios se refiere a bodega, laboratorio y administración.

Para calcular el flete de precipitados se emplea el mismo valor que para concentrados, es decir: 15 US\$/ton prec.; que a una razón de 0,027 ton-prec/ton-min (ley-prec = 80% y ley min = 2,5%) arroja un valor de 0,40 US\$/ton-min.

El costo global asciende, entonces, a 8,68 US\$/ton.

## **8. INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS GENERALES**

En este capítulo se describen y evalúan los costos de las instalaciones principales para abastecimiento de insumos y servicios de la operación. Las estimaciones se basan en valores standard y en supuestos sobre las condiciones de operación de este proyecto.

### **8.1 Energía Eléctrica**

La energía eléctrica se obtiene de la red de alta tensión que alimentará, Según los antecedentes disponibles su distancia menor a la operación es de 12 km, lugar en donde se transmite a 110 KV. Es factible conectarse en algún punto más cercano, distante unos 25 a 30 km de la planta, pero a un voltaje de 13.200 volts, lo que significa un ahorro por concepto de transformadores.

Las inversiones serían:

	MUS\$
30 km línea alta tensión	300
Subestación 2000 WK	70
Red interna distribución	<u>80</u>
Sub-Total	450
Construcción	<u>45</u>
Total	495

Grupos generadores para la potencia requerida tienen un valor aproximado de 500.000 US\$, lo que hace más conveniente la alternativa descrita.

### **8.2 Agua Industrial**

De acuerdo a los antecedentes disponibles, se puede abastecer la faena con agua de mar, distante 12 km y a 400 m de desnivel. La inversión en este caso se estima en:

Equipos (bombas)	150 MUS\$
Tubería (12 km)	180
Otros	<u>70</u>
Total	400
Construcción	<u>40</u>
TOTAL	440 MUS\$

### **8.3 Instalaciones Auxiliares**

En este caso se consideran las construcciones de campamento, talleres, bodegas y oficinas necesarios. No se incluyen las propias de la planta de flotación, por cuanto se encuentran consideradas en el capítulo correspondiente. Las principales instalaciones son las incluidas en el listado siguiente:

	Superficie (m2)	(US\$ por m2 construido)	Total (US\$)
Taller mantención mina	350	100	35.000
Bodega mina	150	100	15.000
Oficinas generales	150	150	22.500
Alojamiento	800	170	136.000
Almacén explosivos	300	120	36.000
<b>TOTAL</b>			<b>244.500</b>

De este modo la inversión en infraestructura y servicios generales alcanza a 1.180 MUS\$.

**RESERVAS**

### RESERVAS GEOLOGICAS

Metodo	Brecha	Manto	Total
Open Pit	470,000	100,000	570,000
Sublevel Stopping	860,000		860,000
Romm and Pillar		900,000	900,000
Cut and Fill	670,000		670,000
<b>Total</b>	<b>2,000,000</b>	<b>1,000,000</b>	<b>3,000,000</b>

### RESERVAS MINABLES

Metodo	Brecha	Manto	Total
Open Pit	470,000	50,000	520,000
Sublevel Stopping	690,000		690,000
Romm and Pillar		360,000	360,000
Cut and Fill	600,000		600,000
<b>Total</b>	<b>1,760,000</b>	<b>410,000</b>	<b>2,170,000</b>



**CARACTERISTICAS DE CADA METODO DE EXPLOTACION**

Metodo	Recuperacion		Selectiv	Dilucion		Estabilid	Product
Open Pit	100%	100%	Muy Buena				Muy alta
Sublevel Stopping	70%	80%	Regular	10%	15%	Regular	Alta
Romm and Pillar	80%	90%	Buena	3%	5%	Regular	Reg a Alta
Cut and Fill	80%	90%	Buena	3%	5%	Regular	Reg a Alta

	BRECHA		MANTO		TOTAL
Open Pit	100%	470,000	50%	50,000	520,000
Sublevel Stopping	80%	690,000			690,000
Romm and Pillar			40%	360,000	360,000
Cut and Fill	90%	600,000			600,000
	88%	1,760,000	41%	410,000	2,170,000

**EQU POS**

**PARAMETROS BASICOS**

TRATAMIENTO DIARIO	TON	1,400
Producción Subterráneo		900
Producción Oxidado		500

**EQUIPOS**

Perforacion	Diametro Pulg	Mts/torno
-------------	------------------	-----------

Down The Hole	3 1/2	18
Jackleg	1 1/4	45

Carguio	Capacidad Yd3
---------	------------------

Cargador Frontal	3 1/2
------------------	-------

Transporte	Capacidad Ton
------------	------------------

Camion de	20 Ton
-----------	--------

**Ciclo de Trabajo:**

- Tiempo carguio Camion	10 min
- Tiempo de descarga	1 min
- Tiempo de maniobras, pesaje, muestreo	9 min
- Velocidad media superficie	20 Km/hr
- Velocidad media subterráneo	10 Km/hr

Equipos de Servicios	Und
----------------------	-----

**Open Pit**

Motoniveladora	1
Bulldozer	1
Camion de servicios	1
Compresoras de 600 CFM	2

**Subterráneo**

Camion de servicios	1
ventiladores de 50 HP	2
Compresoras 600 CFM	2

**INFRAESTRUCTURA Y PARAMETROS DE DISEÑO****Rampa de acceso**

Seccion	5 x 4	Mt2
Longitud	3,000	Mts
Pendiente	10%	

**Piques de Ventilacion**

Seccion	2.5 x 2.5	Mt2
Longitud	600	Mts

# Open Pit

Equipo de Perforacion	Mts/turno	# Turnos	Ren/Dia Mts	Cap/Dia_Mar Ton	Conting	Cap/Dia_Mar	Req_Maq
-----------------------	-----------	----------	----------------	--------------------	---------	-------------	---------

Down The Hole								
Diametro	3.5	18	3	54	1,755	85%	1,500	1
	4	18	3					
Altura de Banco	10							
Malla	3.5 x	4	140					
Sobreperforacion	1.2	12.5						
Densidad material		2.6						
Produccion por Metro perforado		32.5						
Relacion Desmante Mineral	2	a	1					
Perforadoras para desmante								2

Equipo de Carguio	Ton/hrs	# Turnos	Hrs_efect Turno	Cap/Dia_Mar Ton	Conting	Cap/Dia_Mar	Req_Maq Unds
-------------------	---------	----------	--------------------	--------------------	---------	-------------	-----------------

Cargador Frontal	200	3	5.5	3,300	1	3,300	1
Movimiento de Desmante							1

Equipo de Transporte
----------------------

Distancia transporte superficie	2.5 Km						
Distancia transporte subterraneo	0 Km						
Duracion del ciclo	27.5 min						
Capacidad de transporte	720 Ton						
Requerimiento de camiones operando							2
Camiones para desmante							3

## Servicios

Motoniveladora							1
Bulldozer							1
Camion de servicios							1
Compresoras de 600 CFM							2

## Sublevel Stoping

Disposicion espacial  
 Menor cota -70  
 Mayor cota -200

Equipo de Perforacion	Mts/turno	# Turnos	Ren/Dia Mts	Cap/Dia_Mar Ton	Conting	Cap/Dia_Mar	Req_Maq
-----------------------	-----------	----------	----------------	--------------------	---------	-------------	---------

Down The Hole	18	3	54	807	100%	807	2
Diametro	3.5 pulg						

Altura de Banco 21 mts  
 Malla 2.3 x 2.5 mts2  
 Sobrepéforacion 0 mts  
 Densidad material  
 Produccion por Metro perforado

Ratios	
120.75	mts3
5.75	mts3/mt
2.6	ton/m3
14.95	ton/mt_barr

### Nivel de Transporte

Acceso rampa de sector mineralizado 25 mts  
 Galeria de transporte 200 mts  
 Estoadas de carguio 100 mts

### Zanja de recoleccion

Galeria base 80 mts  
 Chimenea cara libre 15 mts  
 Cosnstruccion zanja 15,000 m3

### Subniveles de perforacion

Acceso a rampa sector mineralizado 25 mts  
 Galeria principal 80 mts  
 Desquinche nivel de perforacion 10,000 mt3  
 Chimenea cara libre 2\*2 20

### Transporte

Superficie 2,000 mts  
 Subteraneo 2,500 mts

Carguio	Ton/hrs	# Turnos	Hrs_efect Turno	Cap/Dia_Mar Ton	Conting	Cap/Dia_Mar	Req_Maq
---------	---------	----------	--------------------	--------------------	---------	-------------	---------

Cargador Frontal	140	3	6	2,310	100%	2,310	1
------------------	-----	---	---	-------	------	-------	---

### Equipo de Transporte

Distancia transporte superficie ( Km ) 2  
 Distancia transporte subteraneo ( Km ) 2.5  
 Duracion del ciclo ( Minutos ) 41  
 Capacidad de transporte 483  
 Requerimiento de camiones operando ( Unds ) 2

## Cut and Fill

### Disposicion espacial

Menor cota -200 Mts

Mayor cota -300 Mts

Equipo de Perforacion	Mts/turno	# Turnos	Ren/Dia Mts	Cap/Dia_M: Ton	Conting	Cap/Dia_M: Req_Maq
-----------------------	-----------	----------	----------------	-------------------	---------	-----------------------

Manual Jackleg  
Diametro 42 mm

45 3 135 356 85% 300 4

### Perforacion con cara libre

75%

Altura de Banco 1

Malla 1.1 x 1.1 1.21

Sobrepéforacion 0 1.21

Densidad material 2.60

Produccion por Metro perforado 3.15

### Perforacion confinada

25%

Altura de Banco 1

Malla 0.65 x 0.7 0.42

Sobrepéforacion 0 0.42

Densidad material 2.60

Produccion por Metro perforado 1.10

Produccion x metro perforado ponderado 2.63

### Preparacion

Acceso a cámara 50

Dsquinche de acceso a camara 10,000

Pique de traspaso de relleno 2.5\*2.5 300

### Transporte

Superficie 2,000

Subteraneo 3,000

Carguio	Ton/hrs	# Turnos	Hrs_efect Turno	Cap/Dia_M: Ton	Conting	Cap/Dia_M: Req_Maq
---------	---------	----------	--------------------	-------------------	---------	-----------------------

Cargador Frontal 110 3 5.5 1815 1 1815 1

### Equipo de Transporte

Distancia transporte superficie 2

Distancia transporte subteraneo 3

Duracion del ciclo 44

Capacidad de transporte 450

Requerimiento de camiones operando

## Room and Pillar

### Disposicion espacial

Menor cota -70 Mts  
 Mayor cota -200 Mts

Equipo de Perforacion	Mts/turno	# Turnos	Ren/Dia Mts	Cap/Dia_Mt Ton	Conting	Cap/Dia_Mt Req_Maq
-----------------------	-----------	----------	----------------	-------------------	---------	-----------------------

Down The Hole 18 3 54 748 96% 720 2

Diametro 3.5  
 Altura de Banco 15  
 Malla 2.3 x 2.5 86.25  
 Sobreperforacion 1.2 5.32  
 Densidad material 2.60  
 Produccion por Metro perforado 13.84 ton/mt\_barr

Carguio	Ton/hrs	# Turnos	Hrs_efect Turno	Cap/Dia_Max Ton	Conting	Cap/Dia_Max Req_Maq
---------	---------	----------	--------------------	--------------------	---------	------------------------

Cargador Frontal 140 3 6 2,310 100% 2,310 1

### Equipo de Transporte

Distancia transporte superficie	2
Distancia transporte subterraneo	2.5
Duracion del ciclo	41
Capacidad de transporte	483
Requerimiento de camiones operando	2

### Servicios

Camion de servicios	1
ventiladores de 50 HP	2
Compresoras 600 CFM	2

## RESUMEN DE EQUIPOS

Descripción	Open Pit	Sub Level Stoping	Cutt and Fill	Romm and Pillar
-------------	----------	----------------------	------------------	--------------------

### PERFORACION

DTH 4"				
Produccion	1	2		2
Desarr/Mov Desmonte	2			
Stand By				

<b>Total</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>2</b>
--------------	----------	----------	----------	----------

Manual 1.1/2"				
Produccion			4	
Desarr/Mov Desmonte		4	3	4
Stand By		2	3	2

<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>6</b>
--------------	----------	----------	-----------	----------

### CARGUIO

Cargador Frontal 3 1/2 Yd3				
Produccion	1	1	1	1
Desarr/Mov Desmonte	1	1	1	1
Stand By	1			

<b>Total</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
--------------	----------	----------	----------	----------

### TRANSPORTE

Camiones				
Produccion	2	2	2	2
Desarr/Mov Desmonte	3	1	2	1
Stand By	1	1	1	1

<b>Total</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>4</b>
--------------	----------	----------	----------	----------

### SERVICIOS

Motoniveladora	1
Bulldozer	1
Camion de servicios	1
Compresoras de 600 CF	2
ventiladores de 50 HP	2



### RESUMEN DE EQUIPOS PRINCIPALES

EQUIPO	CANTIDAD
Perforadora DTH 4"	3
Perforadora manual 1.1/2"	10
Cargador Frontal 4 Yd3	3
Camion de 20 Toneladas	6
Motoniveladora	1
Bulldozer	1
Camion de Servicios	1
Ventilador de 50HP	2
Compresor 600 CFM	2

**COSTOS**

## BASE DE DATOS

Perofracion	DTH 4"	8.0 US\$/mt	Barrenado
	Manual 1 . 1/2"	1.8	\$/mt_barr
Voladura	Open Pit	0.4 US\$/m3	
	Subleel Stoping	1.0 US\$/m3	
	Cut and Fill	1.7 US\$/m3	Areas confinadas
		0.8 US\$/m3	Desquinche
	Room and Pillar	1.3 US\$/m3	
Cargador Frontal 4 yd3		35.0 US\$/Hra	
Camion 20 Ton		0.08 US\$/ton-Km	Superficie
		0.10 US\$/ton-Km	Subterraneo
Galeria seccion 5 x 4 m		900.0 US\$/Mt	
Pique 2 x 2 m		240.0 US\$/Mt	
Pique de ventilacion 2.5 x 2.5 m		350.0 US\$/Mt	
Preparacion ( 1 m3/m-barr )		8.0 US\$/M3	
Relleno		1.20 US\$/Ton	Relleno

## COSTO DE OPERACION

### OPEN PIT

Actividades	Costo	Rendimiento	US\$/Ton
Perforacion	8.0 \$/Mt_barren	32.5 ton/Mt_barre	0.25
Voladura	0.4 \$/M3	2.6 ton/m3	0.15
Carguio	35.0 \$/Hra	200 Ton/Hra	0.18
Transporte	0.08 \$/ton_km	2.5 km	0.20
Sub total produccion			0.78
Servicios, supervision y gastos generales	52%		0.40
<b>Total Costo de Operacion</b>			<b>1.18</b>
Para una relacion de 2 a 1 de desmonte/mineral			<b>3.54</b>

**SUBLEVEL STOPING**

					US\$/Ton
<b>Preparacion</b>					
Reservas preparadas toneladas metricas	690,000	Ton			
<b>Accesos a la Rampa a sector mineralizado</b>					
Acceso rampa de sector minerali:	25				
Galeria de transporte	200				
Estoadas de carguio	100				
	325	mts	900.0	\$/mt	\$292,500 0.42
<b>Galeria base zanja de recoleccion</b>					
Galeria base	80	mts	900.0	\$/mt	\$72,000 0.10
<b>Construccion de la zanja</b>					
Cosnstruccion zanja	15,000	m3	8.0	US\$/M3	\$120,000 0.17
<b>Galeria subnivel de perforacion</b>					
Acceso a rampa sector mineraliz:	25				
Galeria principal	80				
	420		900.0	US\$/Mt	\$378,000 0.55
<b>Desquinche nivel de perforacion</b>					
Desquinche nivel de perforacion	10,000	m3	8.0	US\$/M3	\$320,000 0.46
<b>Chimeneas</b>					
Chimenea cara libre	35		240.0	US\$/Mt	\$8,400 0.01
<b>Subtotal Preparacion</b>					<b>1.73</b>
<b>Perforacion</b>					
	8.0	US\$/mt B	14.95	ton/mt_barr	0.54
<b>Voladura</b>					
	1	\$/m3	2.6	ton/m3	0.38
<b>Carguio</b>					
	140	Ton/hrs	35.0	US\$/Hra	0.25
<b>Transporte</b>					
Superficie	2,000		0.08	US\$/ton-Kr	0.16
Subterraneo	2,500		0.10	US\$/ton-Kr	0.25
					0.41
<b>Ventilacion sostenimiento</b>					<b>0.60</b>
<b>Subtotal produccion</b>					<b>3.91</b>
<b>Servicios, supervision y gastos generales</b>				<b>30%</b>	<b>1.17</b>
<b>TOTAL COSTO DE OPERACION</b>					<b>5.08</b>

## CUT AND FILL

				US\$/Ton
<b>Preparacion</b>				
Reservas preparadas toneladas metricas	600,000 Ton			
<b>Acceso a cámaras</b>				
Número de cámaras	10			
Acceso a cámara	50	900.0	450,000	0.75
Dsquinche de acceso a camara	10000	8.0	80,000	0.13
Pique de traspaso de relleno	300 mts	350.0 \$/mt	\$105,000	0.15
<b>Subtotal Preparacion</b>				<b>1.04</b>
<b>Perforacion</b>				
Manual 1 . 1/2"	1.8 \$/mt_barr	2.634125 ton/mt		0.68
<b>Voladura</b>				
Perforacion con cara libre	25%	0.8 US\$/m3		
Perforacion confinada	75%	1.7 US\$/m3		
Densidad		2.6		0.57
<b>Carguio</b>				
Cargador Frontal 4 yd3	35.0 US\$/Hra			
Rendimiento	140 Ton/hrs			0.25
<b>Transporte</b>				
Superficie	2,000	0.08 \$/mt	0.16	
Subteraneo	3,000	0.10	0.30	0.46
<b>Relleno</b>				<b>0.80</b>
<b>Ventilacion sostenimiento</b>				<b>1.00</b>
<b>Subtotal produccion</b>				<b>4.80</b>
<b>Servicios, supervision y gastos generales</b>		<b>38%</b>		<b>1.82</b>
<b>TOTAL COSTO DE OPERACION</b>				<b>6.62</b>

**ROOM AND PILLAR**

					US\$/Ton
<b>Preparacion</b>					
Blocks		83,200	4,160	16.00	66,560
Espesor	20				
Longitud	40				
Ancho	40				
Altura de cámara	4				
Reservas preparadas toneladas metricas		360,000 Ton			
Acceso al cuerpo		220 mts			1.00
<b>Galeria de perforacion</b>					
Longitud	40				
Tarifa	900.0				
Tonelaje	66560				0.54
Desquinche nivel de perforacion					
Volumen		5,600 m3	8.0	44,800	0.67
<b>Subtotal Preparacion</b>					<b>2.21</b>

**Produccion**

Perforacion	8.0 ton/mt_ba	13.8 US\$/mt Barrenado	0.58
-------------	---------------	------------------------	------

**Voladura**

Perforacion con cara libre	25%	0.8 US\$/m3	
Perforacion confinada	75%	1.7 US\$/m3	
Densidad		2.6	0.57

**Carguio**

Cargador Frontal 4 yd3	35.0 US\$/Hra	
Rendimiento	140 Ton/hrs	0.25

**Transporte**

Distancia transporte superficie	2,000	0.08 US\$/ton-Kn	0.16
Distancia transporte subterraneo	2,500	0.10 US\$/ton-Kn	0.25
			0.41

Ventilacion sostenimiento	0.60
---------------------------	------

Subtotal produccion	2.41
---------------------	------

Servicios, supervision y gastos generales	31%	0.73
---	-----	------

<b>TOTAL COSTO DE OPERACION</b>	<b>5.35</b>
---------------------------------	-------------

## RESUMEN DE COSTOS

Actividades	Open Pit		Sublevel stopping	Cut and fill	Romm and Pillar
	Mineral	Total	Mineral	Mineral	Mineral
Perforacion	0.25	0.74	0.54	0.68	0.58
Voladura	0.15	0.46	0.4	0.57	0.57
Carguio	0.18	0.53	0.25	0.25	0.25
Transporte	0.20	0.60	0.41	0.46	0.41
Relleno				0.80	
Ventilacion/sosten			0.60	1.00	0.60
<b>Subtotal</b>	<b>0.78</b>	<b>2.33</b>	<b>2.18</b>	<b>3.76</b>	<b>2.41</b>
<b>Preparacion</b>			<b>1.73</b>	<b>1.04</b>	<b>2.21</b>
<b>Subtotal2</b>	<b>0.78</b>	<b>2.33</b>	<b>3.91</b>	<b>4.80</b>	<b>4.62</b>
<b>Serv/Sup/Gastg</b>	<b>0.40</b>	<b>1.21</b>	<b>1.17</b>	<b>1.82</b>	<b>0.73</b>
<b>Total</b>	<b>1.18</b>	<b>3.54</b>	<b>5.08</b>	<b>6.62</b>	<b>5.35</b>
<b>Total Reservas Minables</b>		<b>520,000</b>	<b>690,000</b>	<b>360,000</b>	<b>600,000</b>
<b>Total Costo Unitario US\$/Ton</b>		<b>5.04</b>			



**INVERSION | ON M | NA**

## RESUMEN DE INVERSION MINA

Descripción	Cantidades	Precio/und	US\$ x !,000
-------------	------------	------------	--------------

### LABORES DE INFRAESTRUCTURA

Rampa de acceso	3,000	900.0	2,700
Pique de Ventilación	600	350.0	210

Sub total Labores	2,910
-------------------	-------

### EQUIPAMIENTOS

Perforadora DTH 4"	3	70,000	210
Perforadora manual 1. 1/2"	10	3,500	35
Cargador frontal 4 yd3	3	200,000	600
Camion de 20 toneladas	6	40,000	240
Motoniveladora	1	110,000	110
Bulldozer	1	200,000	200
Camion de Servicio	1	40,000	40
Ventilador 50 HP	2	12,000	24
Compresor 600 CFM	2	50,000	100

Sub total equipamineto	1,559
------------------------	-------

TOTAL INVERSIONES MINA	4,469
------------------------	-------

**COSTO - INVERSION PLANTA**

## RESUMEN DE COSTOS PLANTA CONCENTRADORA

Descripción	Precio	Consumo	US\$/Ton
<b>Insumos</b>			
Energia	0.05 US\$/Kw	25.00 Kwr/ton	1.25
Combustible - Lubricantes			0.07
Bolas	0.78 US\$/Kg	0.50 Kg/ton	0.39
Reactivos	2.00 US\$/Kg	0.16 Kg/ton	0.32
<b>Sub Total</b>			<b>2.03</b>
<b>Materiales y Repuestos</b>			
Revestimientos			0.15
Materiales y Repuestos			0.16
<b>Sub Total</b>			<b>0.31</b>
<b>Servicios Terceros</b>			
Flete Concentrados	15.00 US\$/Ton	0.043 ton_cc/ton_n	0.65
Arriendo Equipos	25.00 US\$/Hr	150.00 Hr/Mes	0.14
<b>Sub Total</b>			<b>0.79</b>
<b>Servicios Propios</b>			
Mantencion			0.25
Control Calidad			0.18
Agua Industrial	0.80 m3/ton	0.50 US\$/m3	0.40
<b>Sub Total</b>			<b>0.83</b>
<b>Mano de Obra</b>			
Supervicion			0.06
Produccion	200 US\$/hbe_mes		0.43
<b>Sub Total</b>			<b>0.49</b>
<b>Total Costo</b>			<b>4.45</b>

**INVERSIONES EN PLANTA**

Descripciones	Equipos x 1,000 US\$	Obras Civiles Montaje	Total
<b>Recepcion</b>	<b>93</b>	<b>33</b>	<b>126</b>
Balanza de 40 ton	25		
Stock Pile #1	30		
Correa N°2	24		
Tolva N° 3	12		
Galpon 30 m2	2		
<b>Chancado</b>	<b>769</b>	<b>269</b>	<b>1,038</b>
Alimentador N° 4	18		
Pamilla Vibratoria	12		
Chancador Kue-Ken 17"x42"	105		
Correa N° 7	16		
Chancador con 3' SH	90		
Correa N° 9	24		
Harnero Vibratorio 6" x 12"	40		
Correa N° 11	24		
Chancador Cono 5' SH	207		
Correa N° 13	16		
Muestreador	80		
Correa N° 15	24		
Correa N° 16	16		
Stock Pile N° 17 - 18	80		
Galpones 330 m2	17		
<b>Molienda Flotacion Secado</b>	<b>1,859</b>	<b>372</b>	<b>2,231</b>
Alimentadores Vibratorio	24		
Correa N° 20 - 21	32		
Molino de Bolas 9 1/2 x 12 1/2	1,160		
ciclones de 20"	16		
Bombas Verticales	30		
Acondicionadores	30		
2000 ft3 celdas de flotacion	200		
Espesador 30' diametro	50		
Filtro de Disco de 6 x 6	60		
Tubería y Accesorio	107		
Galpon 3000 m2	150		
<b>Cancha de Relaves</b>	<b>270</b>	<b>54</b>	<b>324</b>
Muro de Emprestito	140		
Drenaje	40		
Sistema de Captacion de Aguas	50		
Tuberías y Accesorios	40		
<b>Instalacion de Servicios Propios</b>	<b>173</b>	<b>35</b>	<b>208</b>
Mantencion	900		
Laboratorio	225		
Prep Muestra	150		
Bodega	450		
	1725		
<b>Equipos Menores</b>	<b>190</b>	<b>19</b>	<b>209</b>
Mantencion	60		
Laboratorio	100		
Prep Muestra	30		
<b>TOTAL</b>			<b>4,136</b>
Ingenieria y Serv del Proyecto			420
Contingencias			600
<b>TOTAL GENERAL</b>			<b>5,156</b>

**COSTO - INVERSION LIXIVIACION**

### DATA BASE

Material	Consumos		Precio	
Acido	3	kg/kg Cu	40	US\$/TM (*)
Agua	0.6	m3/ton	0.5	US\$/m3
Chatarra	1.3	kg/kg Cu	110	US\$/TM

### RESUMEN DE COSTOS

US\$/Ton

Materiales	Mano de Obra	Acido	Chatarra	Materiales y Rptos	Energía	Mantenición	Servicios	Total
Chatarra	0.12			0.16	0.36	0.1	0.05	0.79
Aglomerado	0.03	1.78		0.02	0.01	0.01	0.05	1.90
Mov. materiales	0.09			0.3		0.03	0.04	0.46
Lixiviación	0.08	1.22		0.03	0.07	0.03	0.07	1.50
Precipitación	0.04		3.04	0.03	0.05	0.01	0.05	3.22
Filtrado/Secado	0.03			0.03	0.03	0.01	0.01	0.11
Agua	0.01				0.27	0.01	0.01	0.30
<b>TOTAL</b>	<b>0.40</b>	<b>3.00</b>	<b>3.04</b>	<b>0.57</b>	<b>0.79</b>	<b>0.20</b>	<b>0.28</b>	<b>8.28</b>

**RESUMEN DE INVERSION**  
**US\$**

Lixiviación	
Tambor aglomerador	15,000
Preparación terreno (20.000 m2 a 2 US\$/m)	40,000
Carpeta (10.000 m2 a 8 US\$/m2)	80,000
Estanque solución y clarificadores	50,000
Bombas	60,000
Cañerías y fittings	40,000
Instrumentos (medidores de flujo, de nivel, Dosificadores, etc.)	50,000
Cementación	
Precipitadores (3 x 3m) acero inoxidable (2)	250,000
Bombas descarga	20,000
Instrumentos	30,000
	635,000
Montaje 15%	95,000
	730,000
Servicios (agua, energía) (5% )	36,000
	766,000
Ingeniería y construcción (10% de (3) )	77,000
	843,000
Capital de trabajo (para: -Ac.sulfúrico 1 mes de operación)      -Chatarra	70,000
	82,000
	50,000
<b>Total</b>	<b>1,045,000</b>



**INFRAESTRUCTURA**

## INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS GENERALES

Energía Eléctrica		
30 km línea alta tensión		300,000
Subestación 2000 WK		70,000
Red interna distribución		80,000
	Sub-Total	450,000
	Construcción	45,000
	<b>Total</b>	<b>495,000</b>

Agua Industrial		
Equipos (bombas)		150,000
Tubería (12 km)		180,000
Otros		70,000
	Sub-Total	400,000
	Construcción	40,000
	<b>Total</b>	<b>440,000</b>

Instalaciones Auxiliares			
	Superficie	US\$/ M2	Total (US\$)
Taller mantención mina	350	100	35,000
Bodega mina	150	100	15,000
Oficinas generales	150	150	22,500
Alojamiento	800	170	136,000
Almacén explosivos	300	120	36,000
	Sub-Total		244,500

	<b>TOTAL</b>	<b>1,179,500</b>
--	--------------	------------------

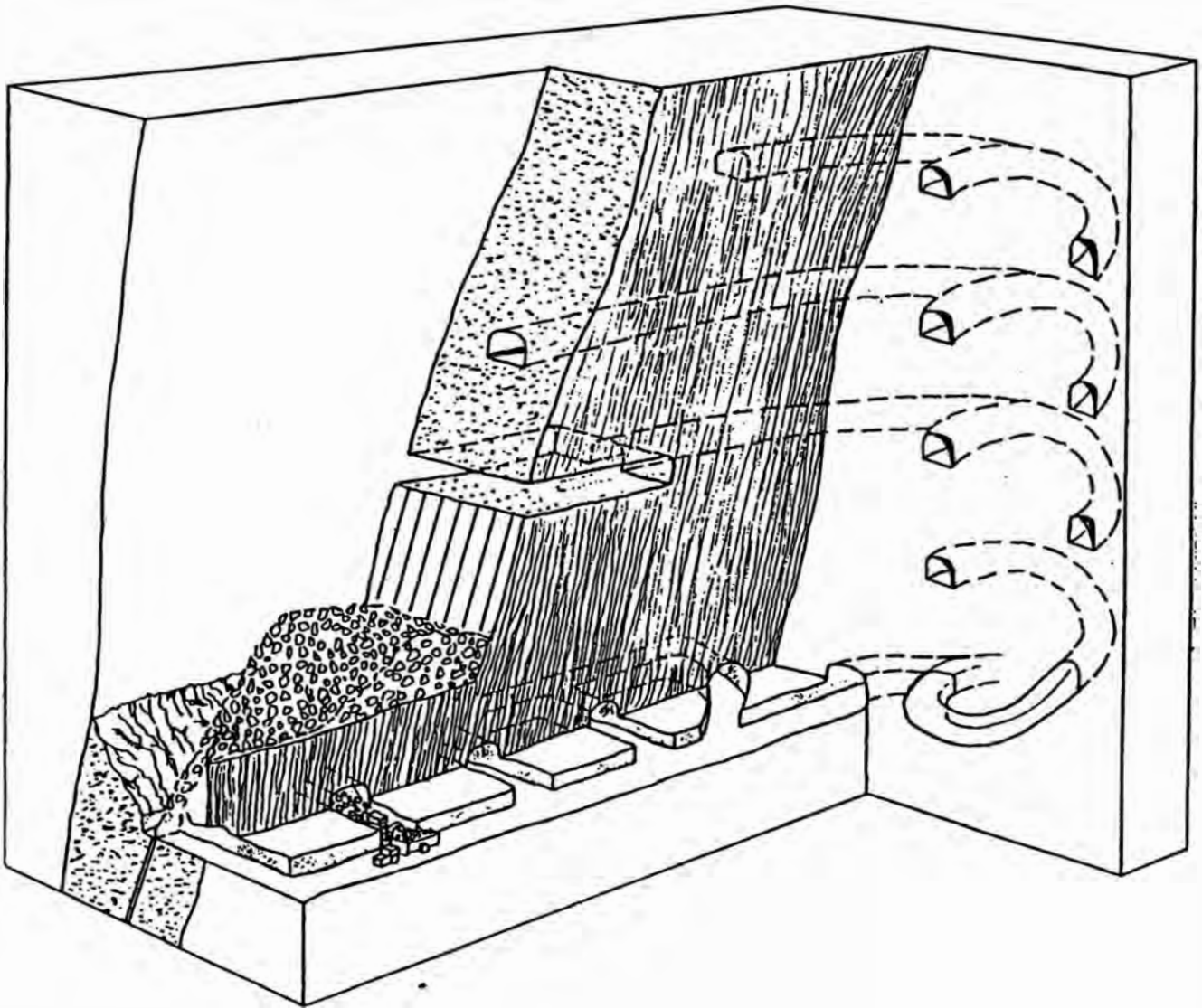


Figura # 1

**SUBLEVEL STOPING**

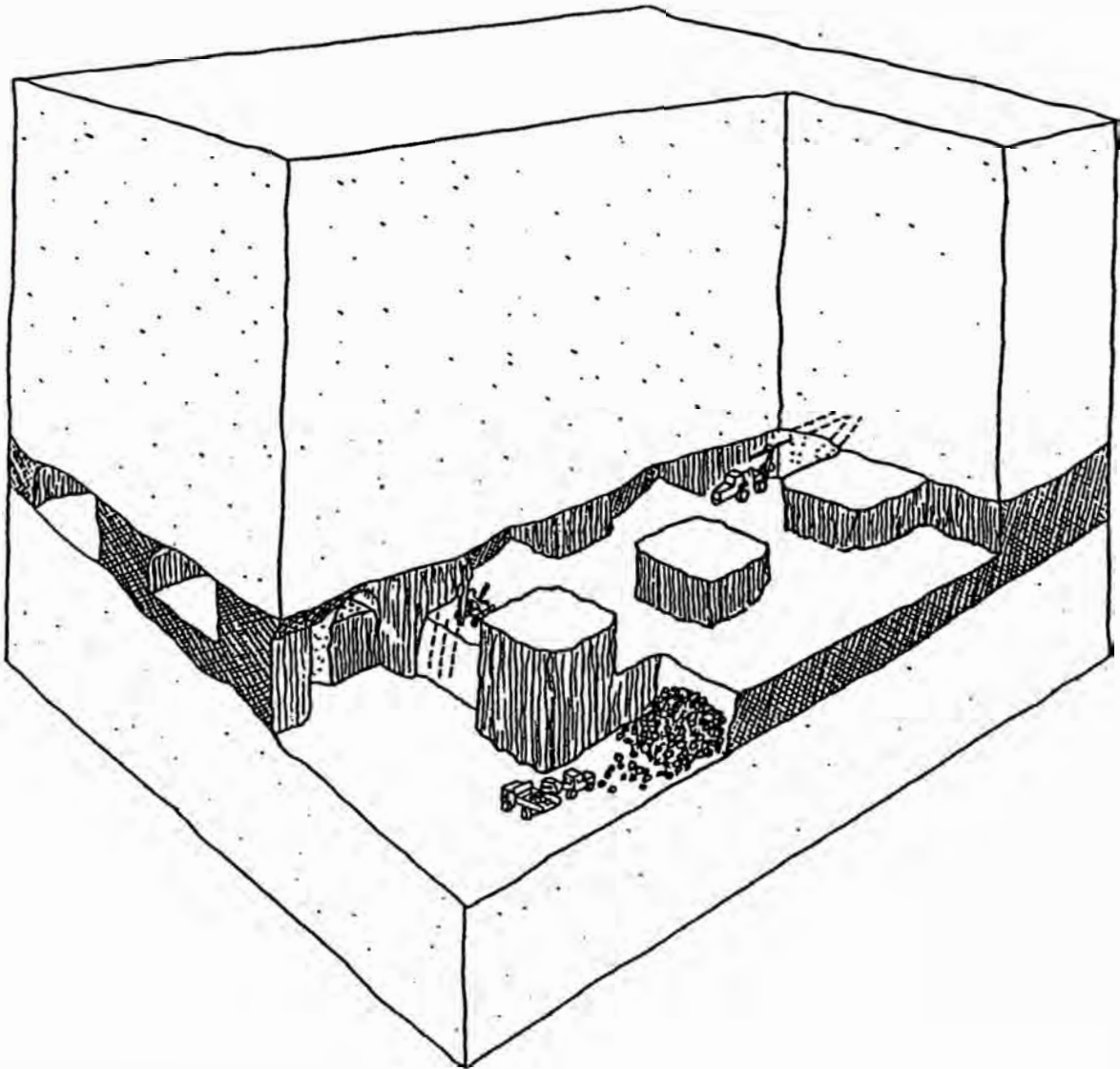


Fig # 2

**ROOM AND PILLAR**

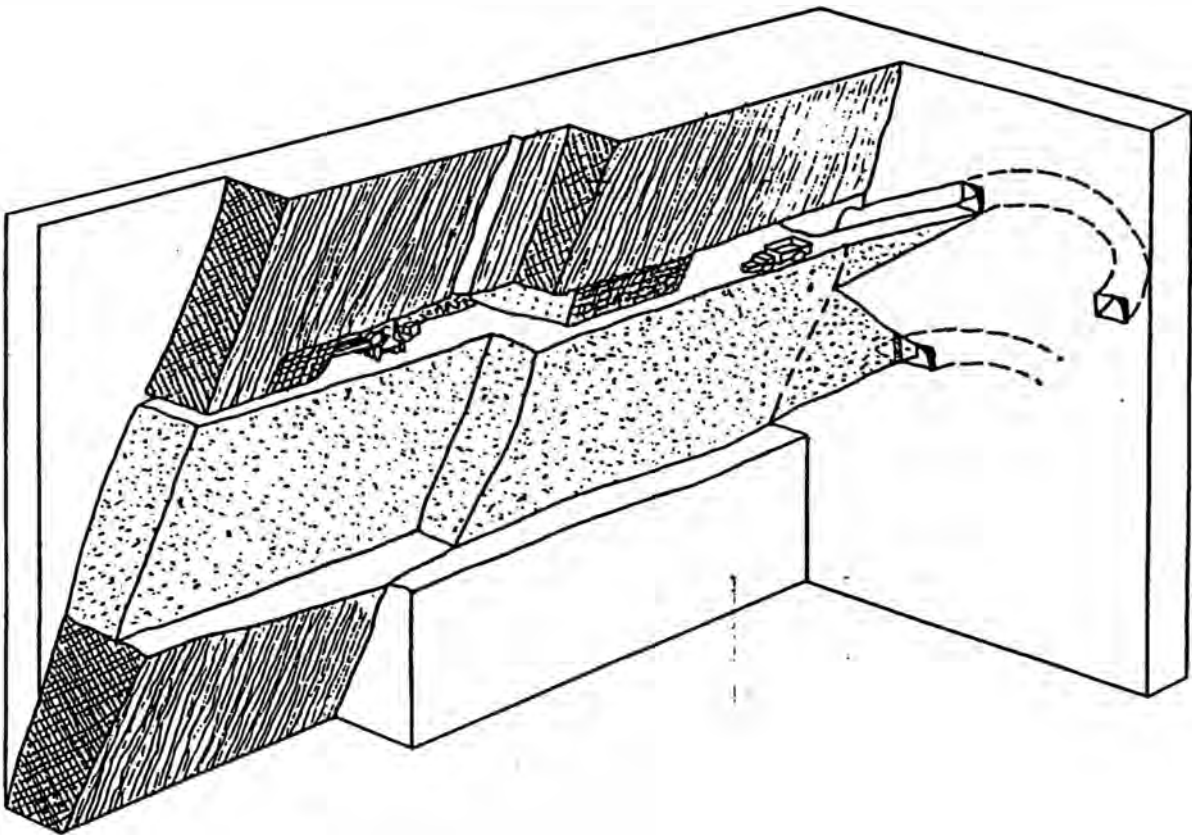


Fig # 3

**CUT AND FILL**

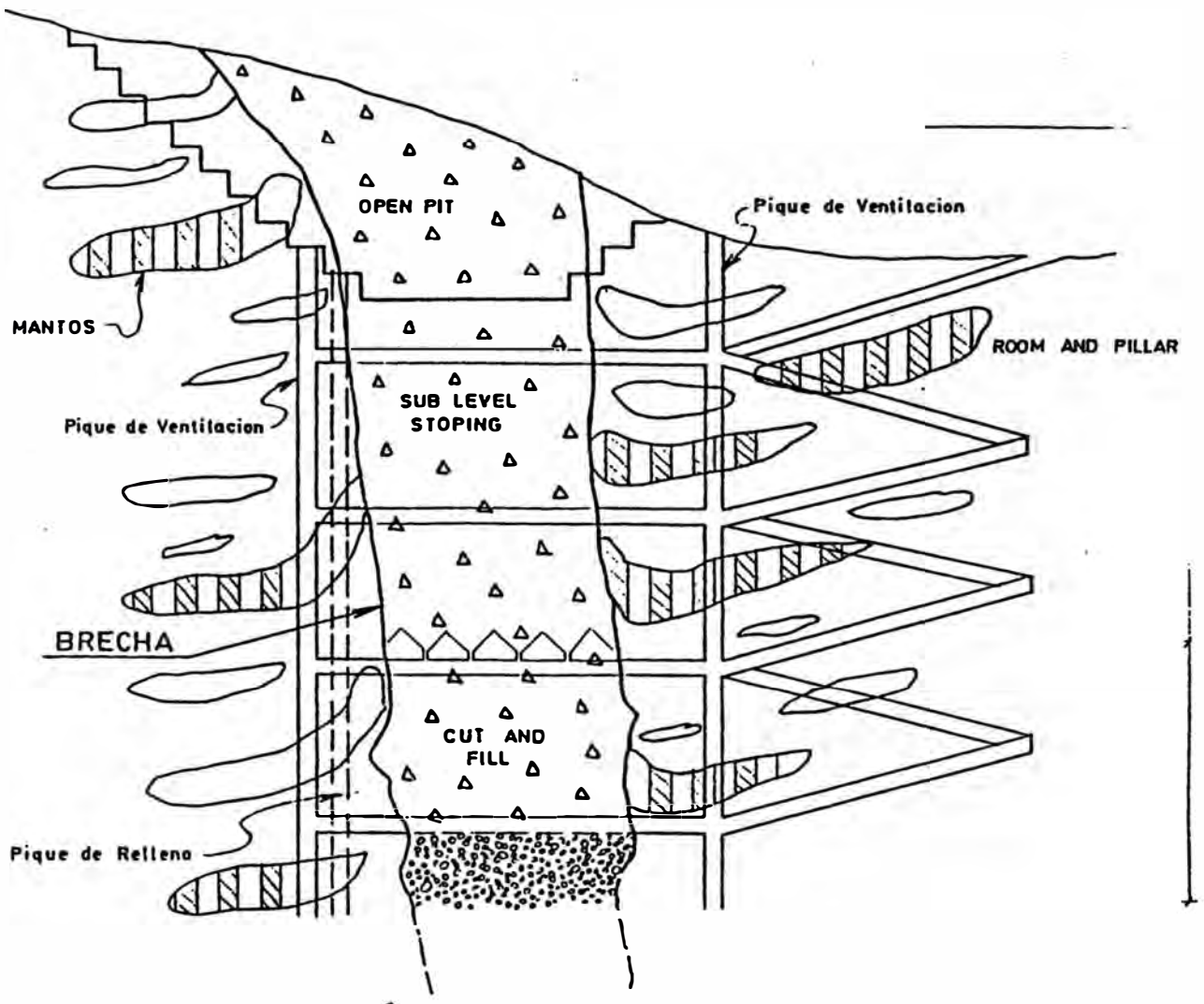


Fig # 4

**UBICACION ESPACIAL POR METODOS DE EXPLOTACION**

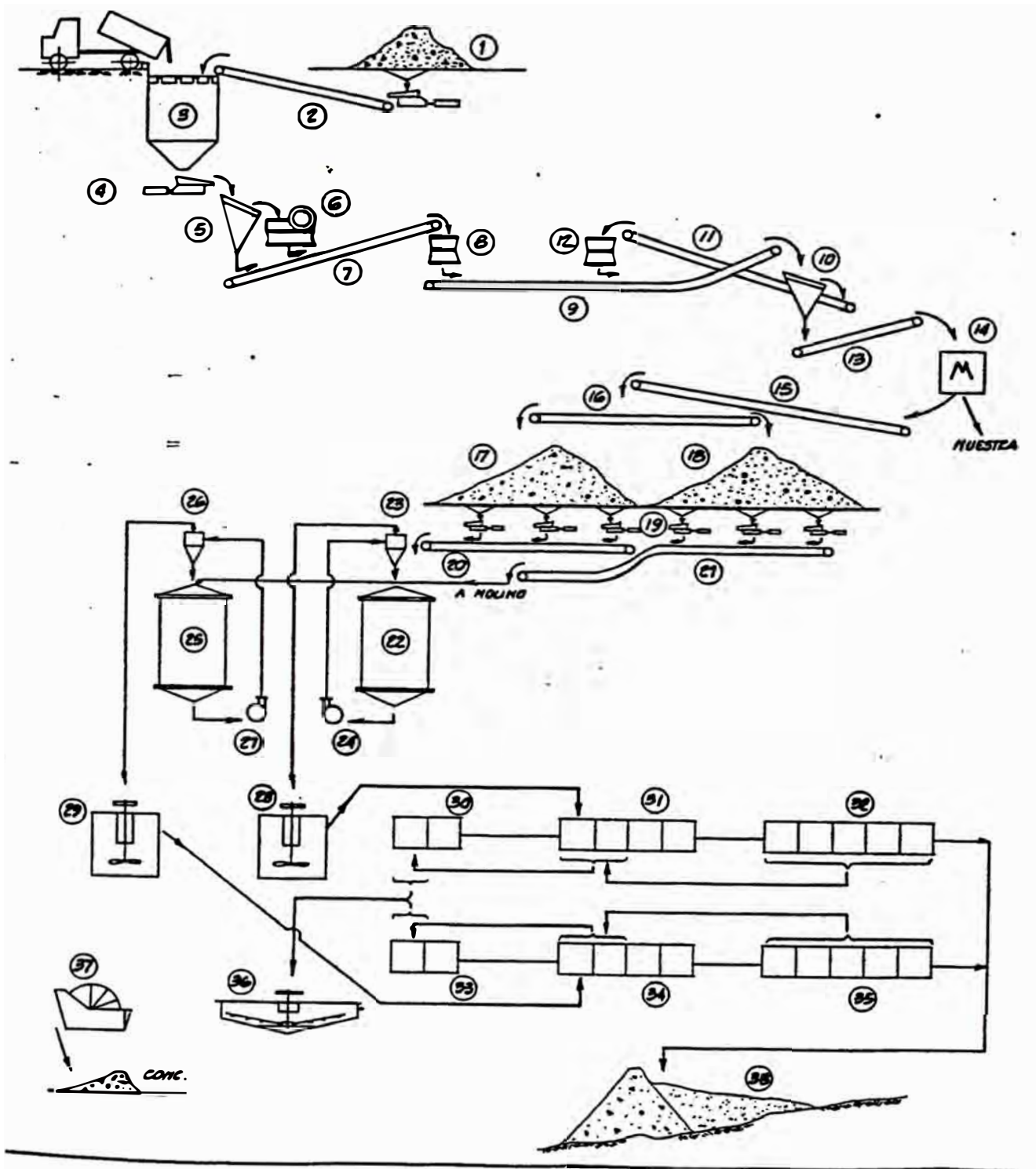


Fig # 5

DIAGRAMA DE FLUJO DE LA PLANTA DE FLOTACION ( 900 TM/DIA)

DIAGRAMA DE FLUJO LIXIVIACION - CEMENTACION

FIGURA N.º 6

