

DISEÑO DE EXPLOTACION A CIELO ABIERTO

A.I.M.E.

Asociación de Ingenieros de Minas del Ecuador

<http://www.aimecuador.org>

Octubre 2003

Expositor: Ing. José Cisneros
M. Sc. D.I.C.



TEMARIO de la PRIMERA PARTE

- 1.- Definiciones importantes**
- 2.- Reservas minerales**
- 3.- Contenido mineral (ley media, ley crítica)**
- 4.- Factores que inciden en la explotación**
- 5.- Factores para seleccionar equipos**
- 6.- Demandas y cualidades de la explotación**
- 7.- Equipos y eficiencia en la explotación**
- 8.- Rendimientos de equipos**
- 9.- Costo horario de equipos**
- 10.- Ejemplos**

TEMARIO de la SEGUNDA PARTE

- 1.- Criterios básicos de planificación minera**
- 2.- Ventajas de la minería a cielo abierto**
- 3.- Modelos geológico y económico del yacimiento**
- 4.- Parámetros para el diseño**
- 5.- Criterios geométricos y operativos de diseño**
- 6.- Criterios económicos (ley crítica y coeficientes de destape)**
- 7.- Planificación y control de la producción**
- 8.- Ejemplo de aplicación**



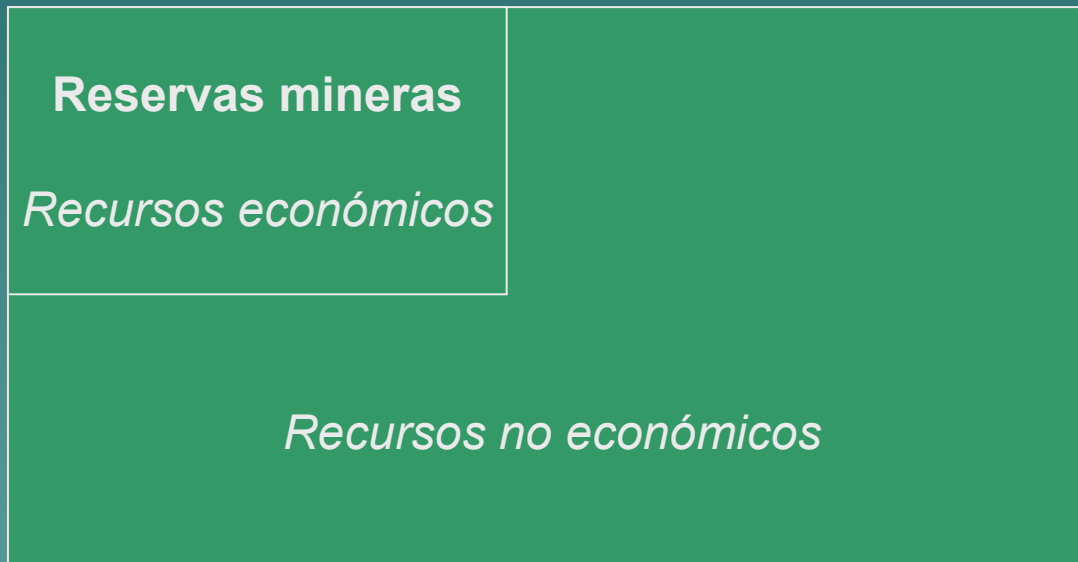
Definiciones importantes

- ◆ **yacimiento mineral:**
diferentes acepciones en función del tiempo y sistema político, que gobierne una época dada
- ◆ *geológica o geoquímica*
“.....acumulaciones o **concentraciones** de elementos que estan presentes en la corteza terrestre solo de forma **diseminada**” Bateman (1951)
- ◆ *explotación con beneficio económico*
“es un sector de la corteza terrestre en el que, a raíz de unos u otros procesos geológicos, se produjo la acumulación de una sustancia mineral, que puede utilizarse industrialmente, dadas su calidad, cantidad y condiciones del yacimiento para su **explotación comercial**” Smirnov (1976)
- ◆ *explotación con fines socio-económicos*
zonas deprimidas, nivel de empleo, etc.
- ◆ Actualmente predomina el carácter de:
explotación económicamente rentable
- ◆ Reservas minerales que puede ser explotadas con **rentabilidad** bajo condiciones económicas existentes en un determinado periodo.
- ◆ Explotación minera es un proceso que transforma el mineral en dinero (o/h)

Recursos versus Reservas

identificados

no descubiertos



2.- Reservas minerales

◆ **Evaluación:**

toneladas de metal/mineral útil, morfología del yacimiento; cuanto, donde, como están ?

◆ **Tipos:**

Geológicas (in situ), todo el material presente bajo ciertas condiciones determinadas, (probadas, probables, posibles)

y *Mineras*, representan la mineralización que, luego del diseño de explotación, serán extraídas.

◆ **Potencia, contenido mineral**

◆ **Métodos clásicos-geométricos**

- fórmulas básicas, $V = S \times e$
- perfiles o cortes
- polígonos y/o triángulos
- matrices de bloques
- contornos (curvas)
- inverso de la distancia

◆ **Métodos geoestadísticos**

valor de la muestra, su posición en el yacimiento y relación con otras muestras

◆ **Curvas de ley media, crítica y tonelajes respectivos**

3.- Contenido mineral (ley media, ley crítica)

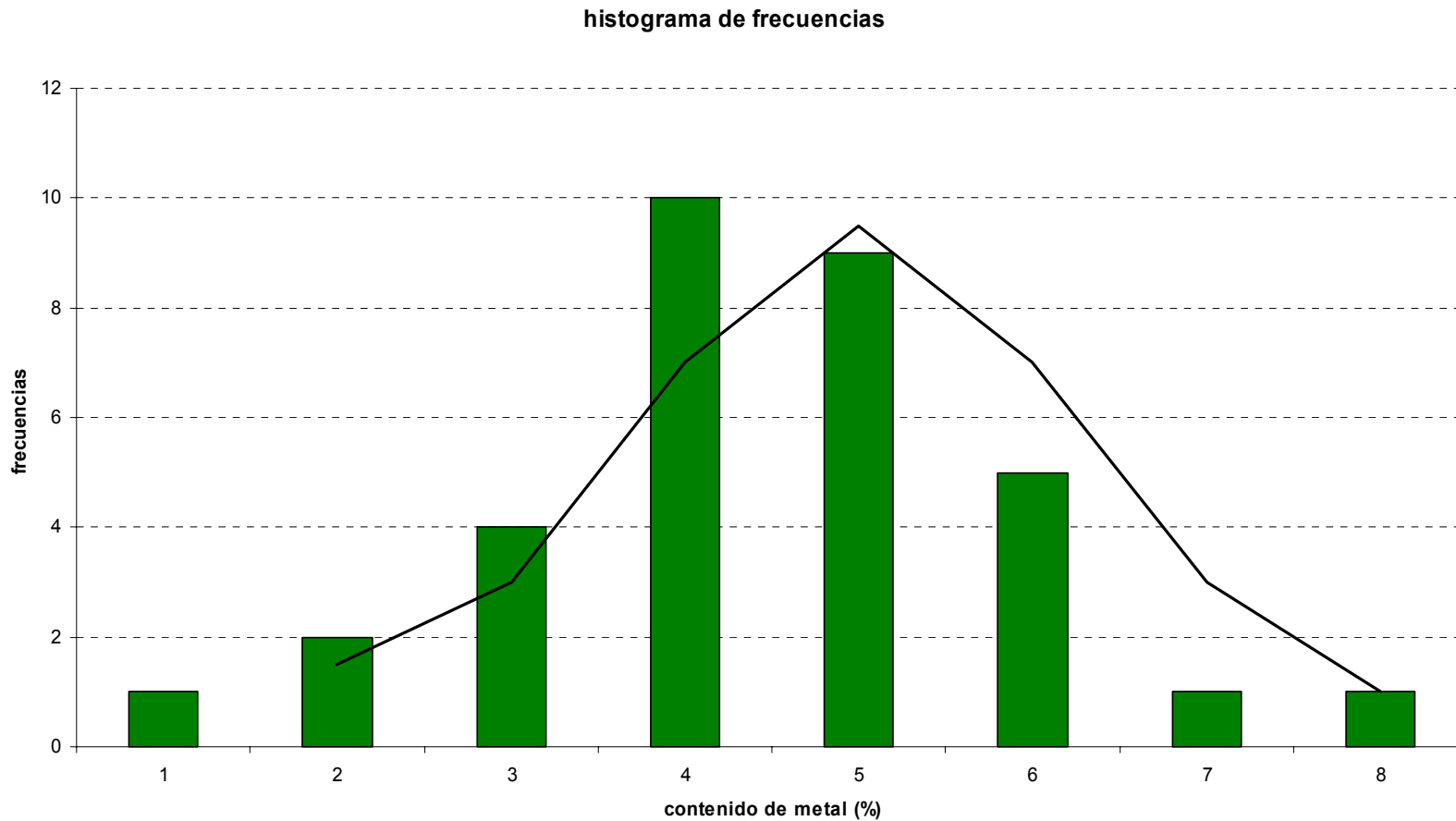
◆ **Importancia:**

- evaluación económica, factibilidad de la explotación
- establecer modelos ley-tonelaje (inventario minero)
- visión rápida de la riqueza del yacimiento
- zonas de diferente valor, \$
- fijar secuencia de explotación en función de precios internacionales
- definir las antes de explotación

◆ **Métodos estadísticos:**

- requiere que conjunto de datos presenten una distribución normal o log-normal
 - histogramas
 - recta de Henri
 - Ji cuadrado
 - estimadores de Sichel
- ◆ Curvas de ley media, crítica y tonelajes respectivos

Contenido mineral ajustado a una distribución normal



Ejemplo de cálculo de ley media y ley crítica

- ◆ Ley crítica: (cut-off grade) separa reservas de baja ley, de aquellos rentables. "Determina dos cursos de acción"
- ◆ Razones por las que todas las reservas geológicas NO son explotable y/o rentables:
 - coeficientes altos de destape
 - bajo contenido mineral o metal útil
 - pocas toneladas de mineral
 - costos muy altos de minado
 - razones de seguridad
 - restricciones ambientales
- ◆ Ejemplol excel AIME Diseño Cielo Abierto
- ◆ o/h Pb Zn ton/ley curva

4.- Factores que inciden en la selección del método de explotación

- ◆ factores geológicos
- ◆ factores técnicos del equipo
 - ◆ factores económicos
- ◆ factores locales o regionales
 - ◆ factores ambientales

Factores geológicos del yacimiento

tamaño

forma

inclinación

limites de mineralización

contenido del mineral útil

estabilidad de rocas

factores técnicos del equipo

perforación de rocas

carga de explosivos y voladura

carguío y transporte

trituration

factores económicos

reservas minerales

costos de explotación

pérdidas de mineral

dilución del contenido útil

financiamiento de la operación

personal calificado

disponibilidad de equipos

factores regionales y ambientales

- **factores locales o regionales**

situación geográfica

condiciones climatológicas

- **factores ambientales**

espesor suelo vegetal

ubicación de escombreras

protección/afectación del entorno

participación comunitaria

5.- Factores para seleccionar equipo (o/h)

La roca Geología y geomecánica	Dimensión de labores mineras	Distancia a trituradora	Ventilación drenaje
<i>Geometría y</i> <i>dirección de la</i> <i>perforación</i>	<i>Area que</i> <i>ocupa el</i> <i>equipo P&V</i>	<i>Dimensión del</i> <i>equipo de</i> <i>carga y</i> <i>transporte</i>	<i>Dimensión</i> <i>equipo de P&V</i> <i>carga y</i> <i>transporte</i>
<i>Perforadora y</i> <i>aceros de</i> <i>perforación</i>	<i>Vehiculo de</i> <i>P&V y unidad</i> <i>de</i> <i>posicionamiento</i>		

6.- Demandas y cualidades de la explotación

- *demandas técnicas*
- *cualidades económicas*
- *cualidades ambientales*



Demandas técnicas

profundidad del yacimiento (o/h)

inclinación

forma

resistencia de rocas (o/h)

encajantes y

del mineral



Cualidades económicas

pérdidas de mineral útil (%)

dilución (contaminación) del mineral útil (%)

productividad (ton/hombre-turno)

costos operativos (o/h)

Cualidades ambientales

- condiciones de trabajo en los frentes subterráneos o de superficie
- influencia al medio ambiente
 - valores sugeridos (o/h)



7.- Equipos y eficiencia en la explotación minera

(métodos de perf. (o/h) productividad)

PRODUCTIVIDAD Y MECANIZACION

■ a.- MAQUINARIA MODERNA ■

- Alta sofisticación, versatilidad y flexibilidad
- Mayor capacidad, perfil adecuado alta seguridad y confort
- Aplicación en todas las operaciones
- Tendencia la minería U/G sin rieles

b.- PRODUCCION

- Mayor producción a menor costo unitario, o sea alta productividad
- Ciclo de minado sincronizado y mayor utilización del equipo
- Introducción de equipos para voladura de taladros de mayor diámetro
- Alto rendimiento de los medios de producción
- Mejor seguridad y ambiente en el trabajo

Equipos y eficiencia en la explotación

■ MECANIZACION:

- el rendimiento de una máquina está relacionada en principio a la potencia del motor
- máquina mas grande es mas productiva que una pequeña.
- sobredimensionar equipos, significa incorporar flexibilidad al sistema de producción
- disponibilidad mecánica mas alta
- equipo grande \Leftrightarrow mas área de trabajo ?
- costos de excavación aumentan, pero rendimiento horario también aumenta

Equipos y eficiencia en la explotación

■ UTILIZACION:

- utilizar al máximo la capacidad de las máquinas
- frentes de trabajo subterráneo ubicados en distinta elevación vertical $< = >$ movilización por pique
- LHD a diesel tiene fácil movilidad por medio de una rampa a distintos niveles
- sistema combinado de rampas y subniveles permite separar frentes por actividad atendidos por pocos equipos
- Utilización de equipos exige disponibilidad de frentes de trabajo en P&V carga y transporte, etc. de manera que:
- Equipo funciona en forma independiente **SIN ESPERAS**

Equipos y eficiencia en la explotación

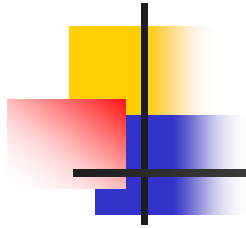
- **CONTROL DE LA LEY DE CABEZA:**

- **eficiencia NO solo es mas ton/hora sino mantener la ley del mineral útil en el material explotado**
- **elegir un método que combine productividad y selectividad**
- **corte y relleno con rampas y equipos móviles combina los beneficios de la mecanización y selectividad**
- **además es muy flexible que se adapta a una gama de aplicaciones, minas nuevas, y en reconstrucción**

Equipos y eficiencia en la explotación

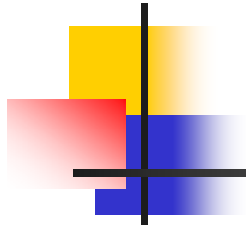
■ SEPARACION DE PERFORACION Y VOLADURA:

- importante es la extensión o duración del trabajo idéntico que se puede realizar sin interrupciones en el mismo sitio
- separar las operaciones de perforación, voladura y carguío, de manera que equipos correspondientes funcionen en forma independiente por largos periodos de tiempo
- realce por subniveles y VCR son ejemplos
- preparación de subniveles es crear varios frentes para P & V
- P & V en abanico (hundimiento por subniveles) es continua, mientras LHD's trabajan en otros subnivles



8.- Rendimientos de equipos

(ton o m³ por hora)



9.- Costo horario de equipos

(\$ por hora)



10.- Ejemplos de rendimientos y costos

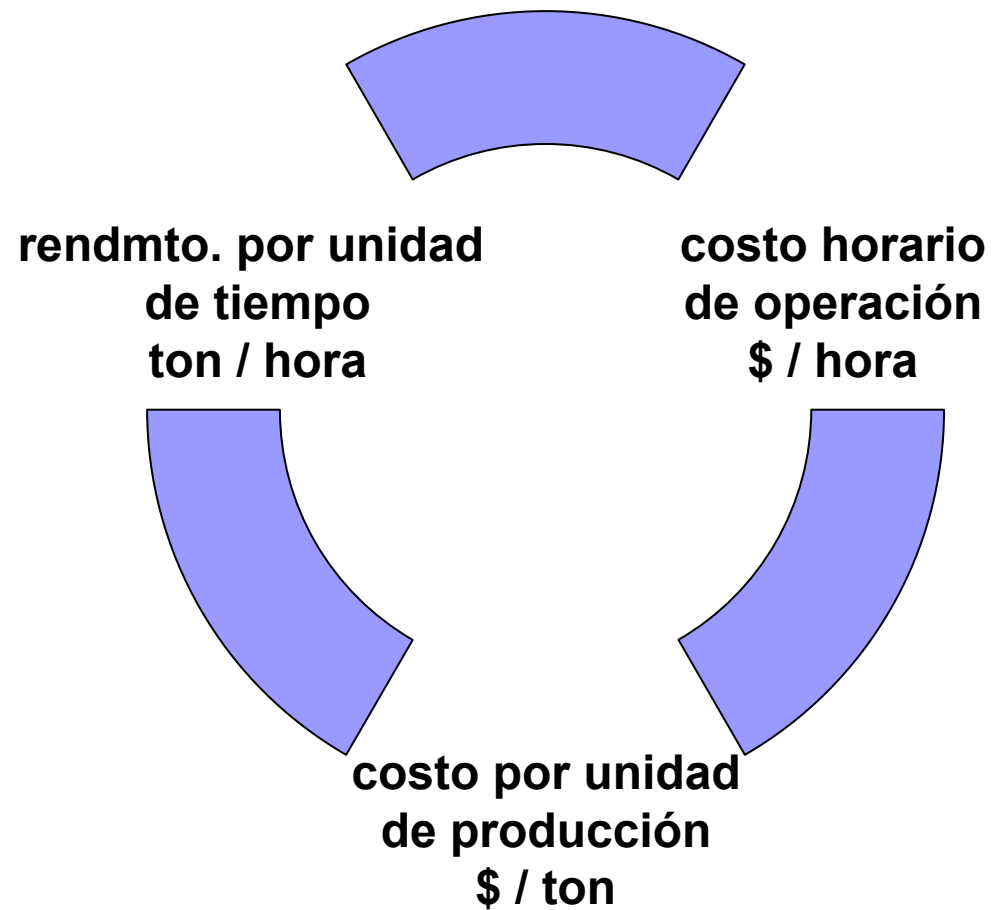
- **Rendimientos del equipo de producción: ton / hora**
- **Costo por hora del equipo de producción: \$ / hora**
 - **Costo total de la explotación: \$ / ton**
- **Costo de excavación en túnel: \$ / m. de avance**

SEGUNDA PARTE

1.- Criterios básicos para planificación minera

- Operaciones unitarias (o/h)**
- Costos de inversión y operación**
- Carácter dinámico de los parámetros técnico-económicos**

Costos de operación



Parámetros dinámicos en la explotación minera



2.- Ventajas de la minería a cielo abierto

- ◆ Alta productividad
- ◆ Mayor concentración de operaciones y gestión mas sencilla de recursos humanos y materiales
 - ◆ Mayor producción por explotación
 - ◆ Menor inversión por tonelada producida
 - ◆ Menos costos de operación por tonelada producida
- ◆ Posibilidad de explotar con relaciones de destape altos y yacimientos de baja ley
 - ◆ Menos limitación en el tamaño y peso de los equipos
 - ◆ Mayor recuperación mineral y menor dilución
 - ◆ Mayor volúmen de reservas mineras para explotación



3.- MODELO GEOLOGICO Y ECONOMICO DEL YACIMIENTO

(determinación de las reservas explotables)

◆ DATOS GEOLOGICOS

(técnicas de interpolación: geométrica, geoestadística, otras)

MODELO GEOLOGICO o INVENTARIO MINERAL

(criterios económicos: precios, costos operativos, rendimientos, etc.)

◆ MODELO ECONOMICO

(criterios geotécnicos, operativos y medioambientales: ángulos de taludes, plataformas de trabajo, coeficiente medio de destape)

◆ DISEÑO DE LA EXPLOTACION

(optimización económica: ley de cabeza, coeficiente límite de destape, recuperación en mina y planta, dilución, etc.)

◆ EVALUACION DE LAS RESERVAS EXPLOTABLES



4.- Parámetros para el diseño

Parámetros

- ◆ Para el correcto diseño de la mina, durante la investigación geológica, se definirá el yacimiento con todas sus características litológicas y estructurales para optimizar la geometría de la cantera, planificar las labores, control de la ley mineral;
rentabilidad

- ◆ **Geométricos**
función de la estructura y morfología del yacimiento, límites de la propiedad, etc.
- ◆ **Geotécnicos**
ángulos máximos de estabilidad de taludes, bancos, bermas, etc.
- ◆ **Operativos**
área segura y necesaria para operación de máquinas, dimensiones de caminos, pistas, etc.
- ◆ **Medioambientales**
reducción de impacto negativo, escombreras, recuperación de terrenos, etc.

Principales parámetros geométricos en el diseño de explotación a cielo abierto

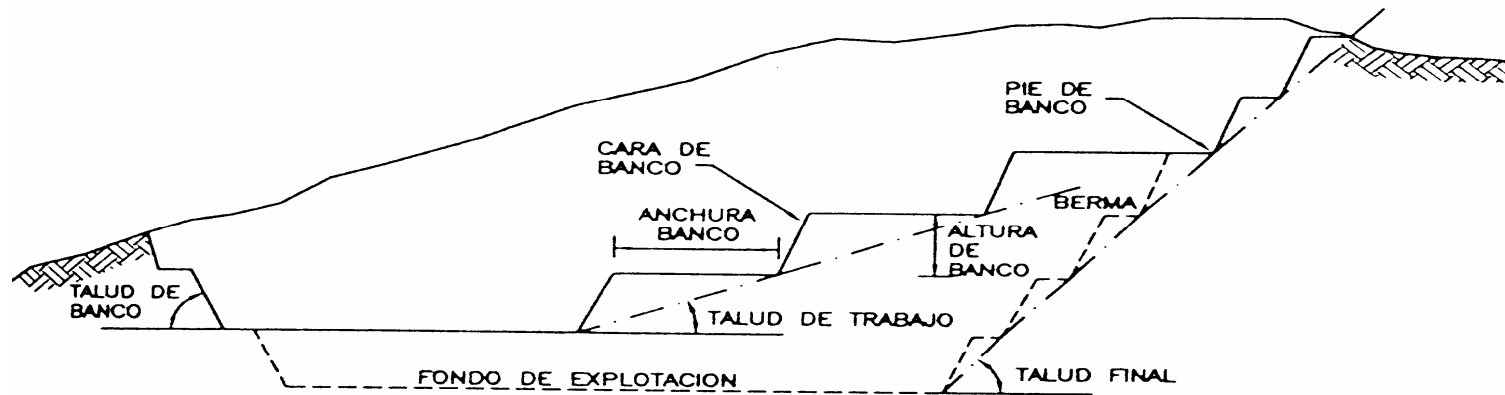


Figura 8.2. Terminología empleada en una mina a cielo abierto.

5.- Criterios geométricos y operativos de diseño

(coeficientes de destape: relación estéril – mineral)

◆ **Coeficiente límite económico:**

“es la relación máxima de estéril a mineral útil hasta la que puede extraerse una tonelada o metro cúbico de mineral, manteniéndose un beneficio ***económico mínimo*** previamente fijado”

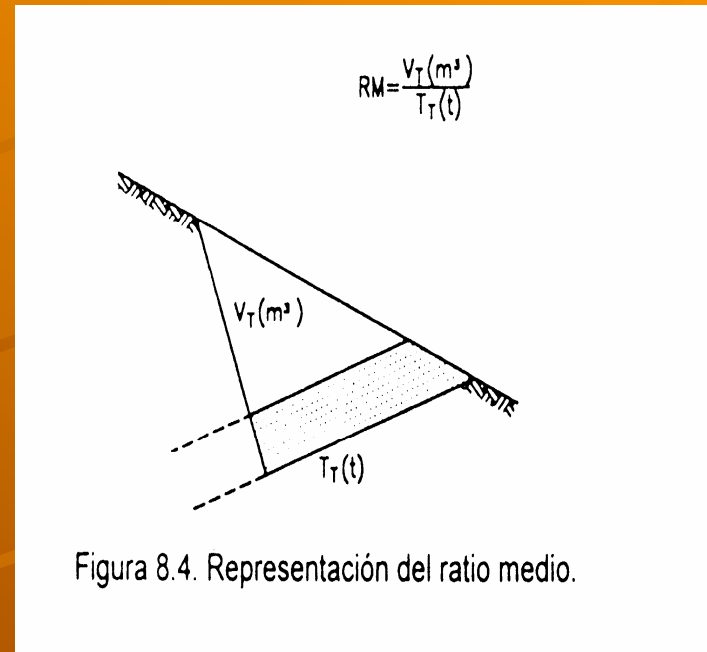
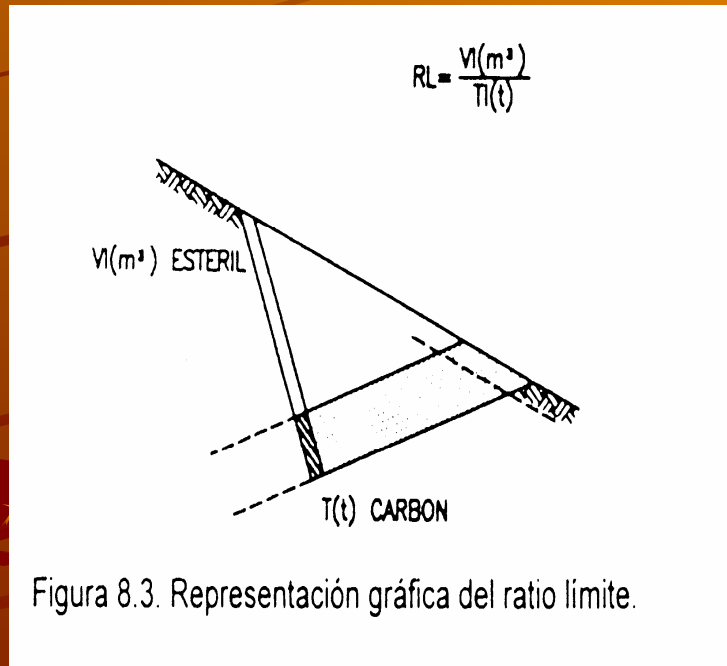
Esto implica que cada unidad de mineral arrancado produce un beneficio igual o mayor al beneficio, mínimo aceptable (B.E.P.)

◆ **Coeficiente medio económico:**

“es la relación global entre todo el volúmen de estéril y todo el tonelaje de mineral que es extraído con un ***beneficio medio*** por unidad de mineral”

Esto implica que ciertas unidades de mineral son arrancadas con un coeficiente bajo, por tanto dan un alto beneficio económico; parte del cual compensa los gastos de destape de mineral que se extrae con un coeficiente alto.

Coeficiente límite y medio de destape



Coeficientes geométricos de destape

- **Coeficiente medio o global : en un determinado momento**

- $RM = VE / VM$

- **Coeficiente incremental : en una profundización o ampliación**

- $RI = \text{incremento } VE / \text{incremento } VM$

- **Coeficiente temporal: en un periodo de vida dado.**

- $RT = VE_t / VM_t$

COEFICIENTE MEDIO DE DESTAPE

$$RM = VE / VM$$

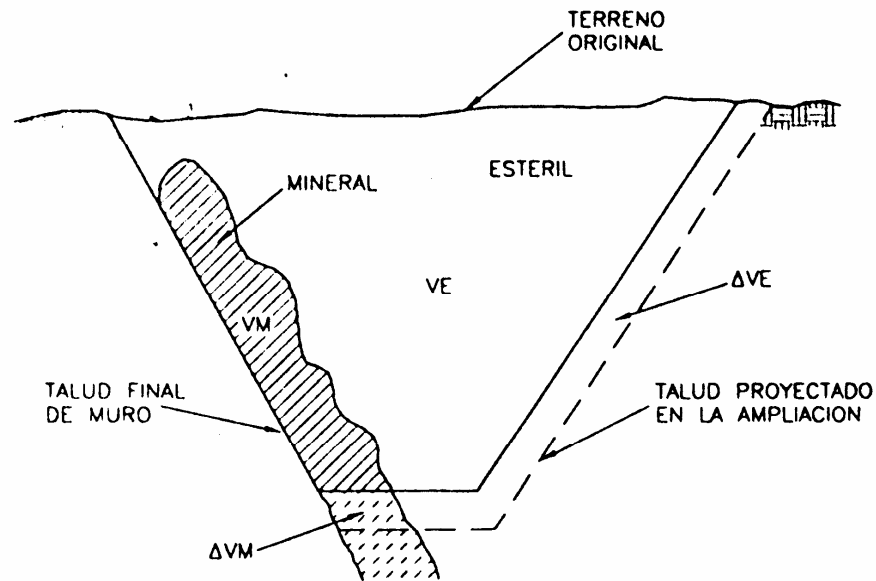


Figura 8.7. Sección representativa de una explotación con los volúmenes de estéril extraídos.

Criterios operativos

- **Altura del banco:** se establece a partir de las características de los equipos de P&V; C&T y del macizo rocoso
- **Ancho de la plataforma de trabajo:** se define como anchura mínima, la suma de espacios necesarios para el movimiento de la maquinaria que trabaja en ellos, simultáneamente.
- **Angulo de inclinación del banco:** función del tipo de roca y de la altura del banco previamente definida
- **Bermas de seguridad:** empleadas como áreas de protección al detener y almacenar los materiales desprendidos de bancos superiores
- **Pistas y rampas:** condicionadas por la geometría del yacimiento y la secuencia de explotación aplicada, normas de seguridad

Criterios operativos: altura de bancos

■ Ventajas bancos altos:

Mayor rendimiento en perforación, menos tiempos muertos, mas ton. por metro perforado.

Menos desplazamientos de equipo de C&T ⇔ mejor rendimiento

Menor número de bancos ⇔ mayor concentración y eficiencia del equipo

Menos longitud de vías, caminos, menos inversión en infraestructura.

■ Ventajas bancos pequeños:

Mejores condiciones de seguridad Para el personal y maquinaria.

Menos desviaciones en perforación ⇔ mejor rendimiento en P&V, mejor control en fragmentación, vibración y onda de choque

Rapidez en construcción de accesos

Mejores condiciones para restaurar y liquidar taludes finales



Criterios operativos: ancho de la plataforma de trabajo

- o/h

Criterios operativos:

- Diseño de bermas y banquetas

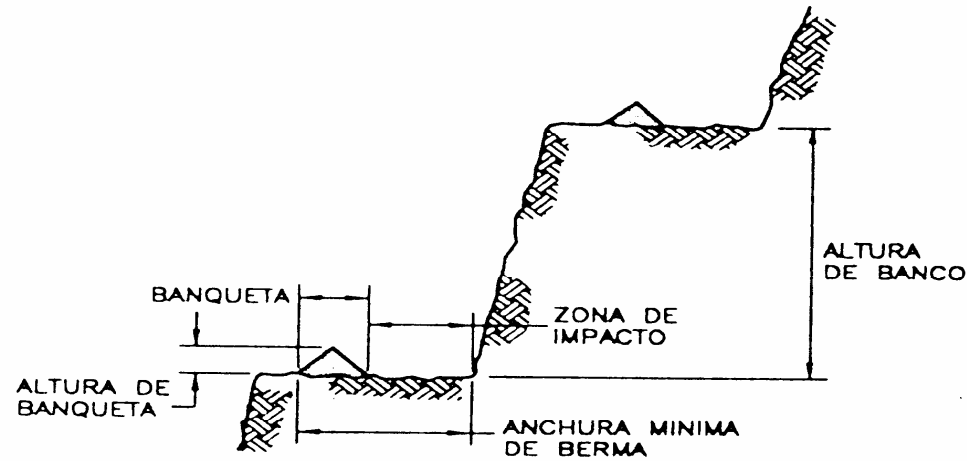


Figura 8.9. Diseño de banquetas de protección frente a desprendimientos

Tabla 8.1. Dimensiones recomendadas para la construcción de banquetas.

ALTURA DE BANCO (m)	ZONA DE IMPACTO (m)	ALTURA DE BANQUETA (m)	ANCHURA DE BANQUETA (m)	ANCHURA MINIMA DE BERMA (m)
15	3,5	1,5	4	7,5
30	4,5	2	5,5	10
45	5	3	8	13

Criterios operativos: diseño de vías

- Punto de salida en el tajo, depende de la ubicación de planta y/o escombreras
- Número de vías de acceso; dan flexibilidad en la operación, pero pueden aumentar el coeficiente de destape, complicar el diseño, etc.
- Definir si son internas o externas al tajo; temporales o permanentes; etc.
 - Tipo de trazado; en espiral, zig-zag o mixtas
- Número de carriles de circulación; una vía o doble vía (tipo de equipos, normas de seguridad)
 - Gradientes medias y por tramos, tanto favorables como desfavorables
 - Sentido del tráfico
 - Obras complementarias; drenaje, peraltes, etc.

Crerios operativos: diseño de vías

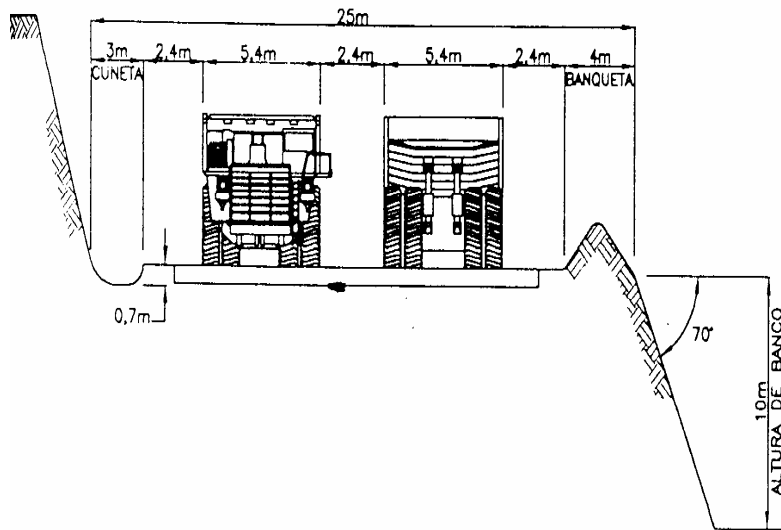


Figura 8.35. Diseño de una pista de dos carriles para volquetes de 85 t.

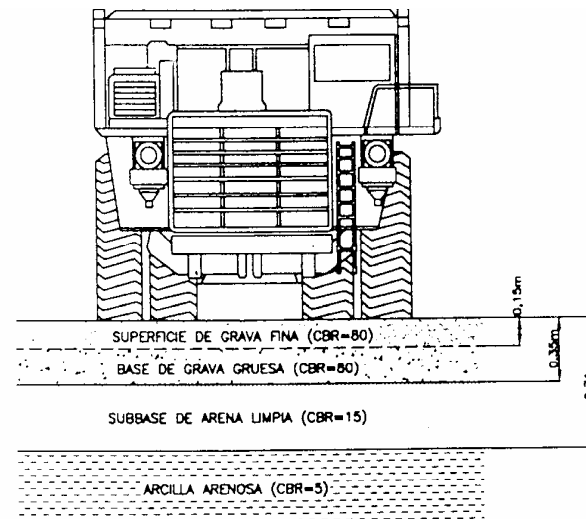
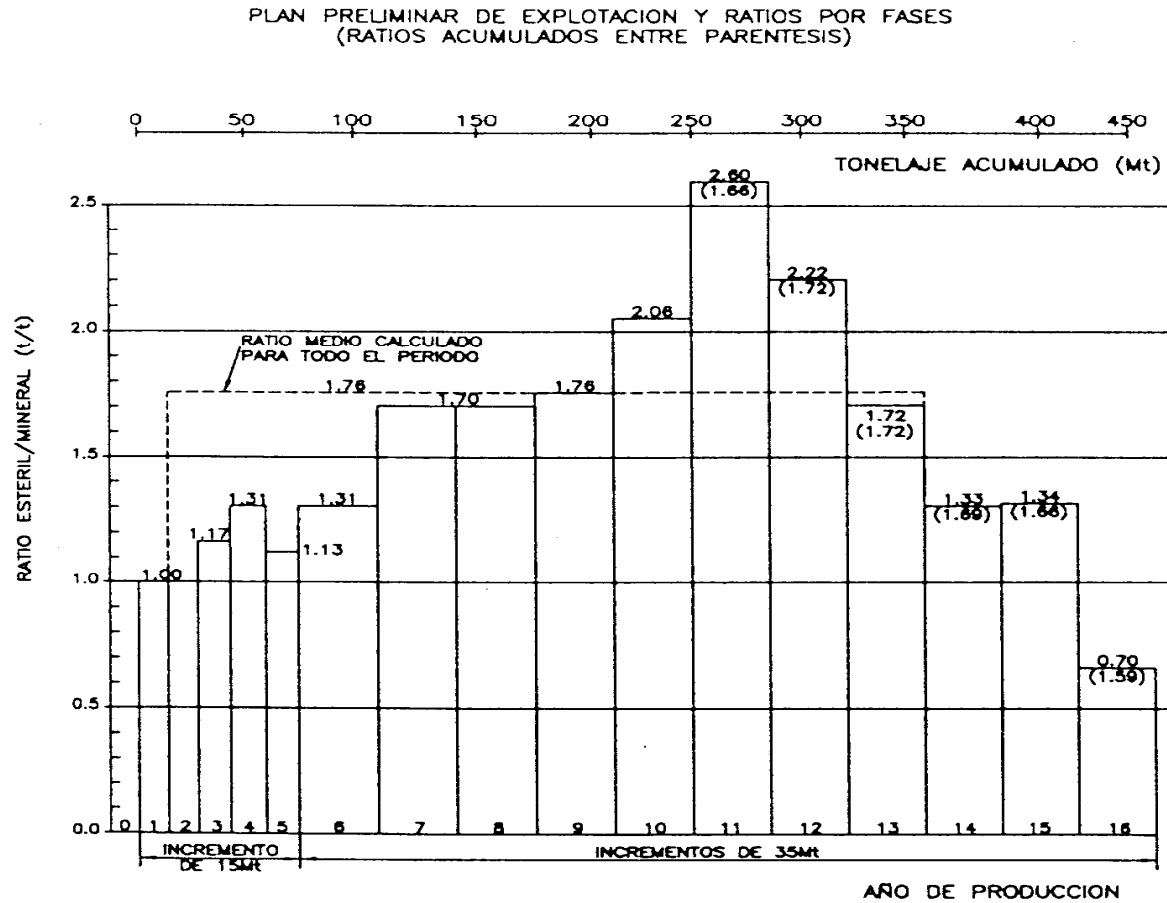


Figura 8.41. Ejemplo de cálculo estructural de una pista.

6.- Criterios económicos de diseño

- **Contenido mineral: ley media, ley crítica**
- **Cantidad de reservas explotables, dilución, pérdidas**
 - **Coefficientes de destape**
- **Costos operativos: minado, procesamiento, etc.**
 - **Costos de inversión**
- **Precios del o los minerales comercializados**
 - **Utilidad de la operación**

7.- Planificación y control de la producción



ura 8.23. Ratios estéril a mineral a lo largo del tiempo correspondientes a diseños de fases sin ajustar.

8.- Ejemplo explotación con coeficiente descendente

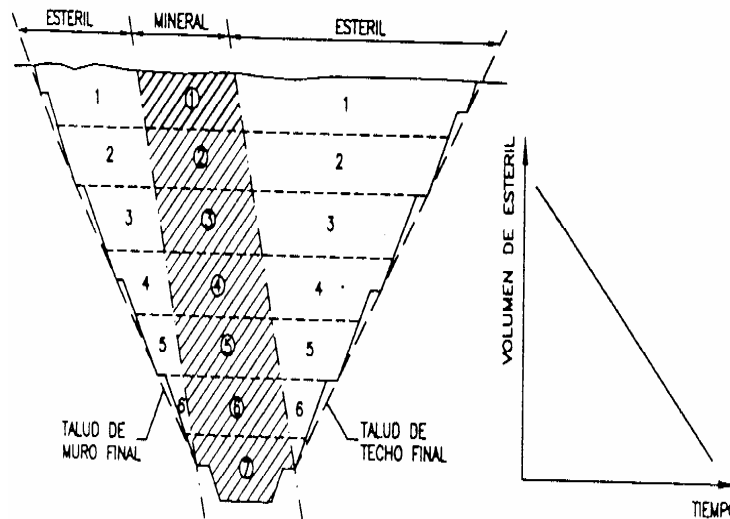


Figura 8.25. Secuencia de explotación con ratio descendente.

- En cada nivel extraer todo el estéril y mineral dentro del límite de explotación.
- Amplio espacio para trabajo de equipos ⇔ concentración de equipos trabajando en el mismo nivel
- Accesibilidad al mineral del banco siguiente
- Escasa dilución mineral
- Necesidad de menor número de equipos mineros en las últimas etapas de explotación del yacimiento.

8.- Ejemplo explotación con coeficiente creciente

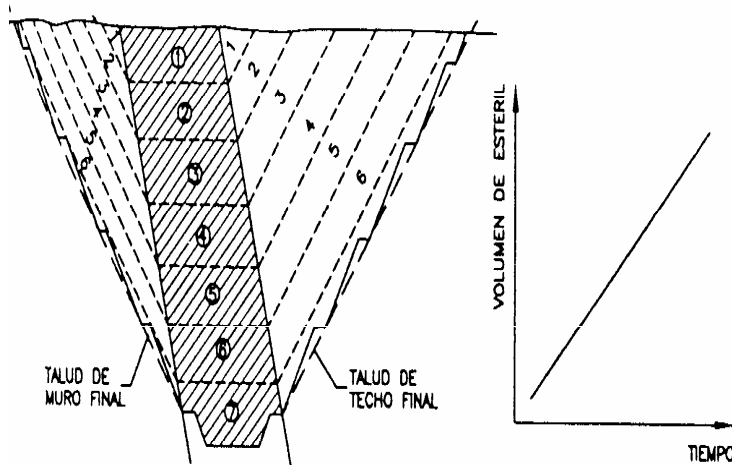


Figura 8.26. Secuencia de explotación con ratio creciente.

- Mover en cada etapa el mínimo estéril necesario para destapar mineral
- Taludes de trabajo se mantienen paralelos al diseño final del rajo
- A medida que se profundiza se debe extraer mayor cantidad de estéril
- Se obtiene el máximo beneficio en los primeros años de explotación y reducir el riesgo de inversión futura por concepto de destape del rajo
- Frecuente cuando el coeficiente limite económico cambia en cortos periodos de tiempo

8.- Ejemplo explotación con coeficiente constante

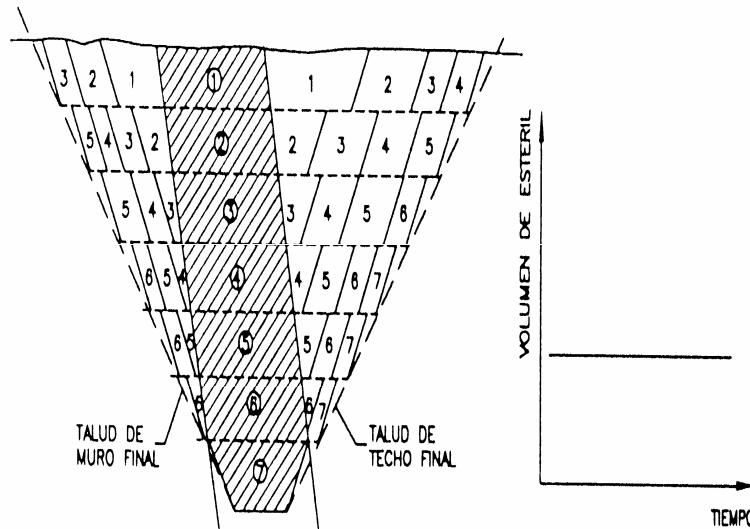


Figura 8.27. Secuencia minera con ratio constante.

- Mover materiales en cada periodo, que den lugar a un coeficiente de destape similar al coeficiente medio global
- Talud de trabajo en estéril comienza muy tendido, pero se va verticalizando conforme se profundiza la explotación, hasta coincidir con el talud de liquidación
- La flota de maquinaria y cantidad de personal, se mantienen durante toda la vida de la mina.
- Es una solución entre los dos planteamientos anteriores, que son secuencias extremas

8.- Ejemplo de optimización económica (cono flotante)

	1	2	3	4	5	6	7
1	-1	-1	-1	-1	-1	+1	-1
2		-2	-2	+4	-2	-2	
3			+7	+1	-3		

VALOR DEL BLOQUE

Figura 9.4. Matriz de bloques para el ejemplo 9.1.

-1	-1	-1	-1	-1	+1	-1
	-2	-2	+4	-2	-2	
		+7	+1	-3		

VALOR DEL BLOQUE

Figura 9.5. Primer cono para el ejemplo 9.1.

8.- Ejemplo de optimización económica (cono flotante)

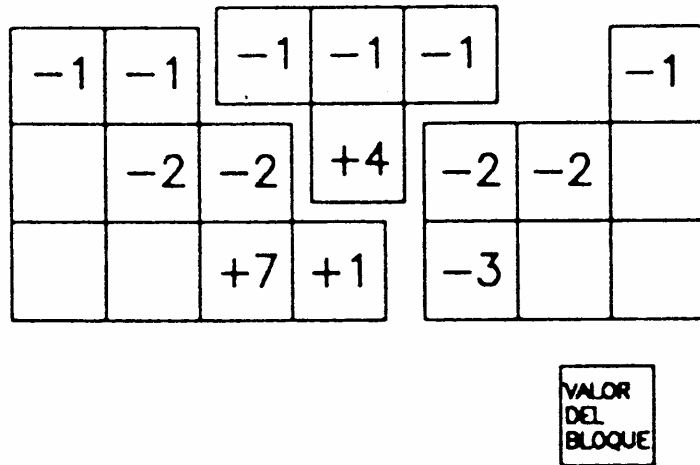


Figura 9.6. Segundo cono para el ejemplo 9.1.

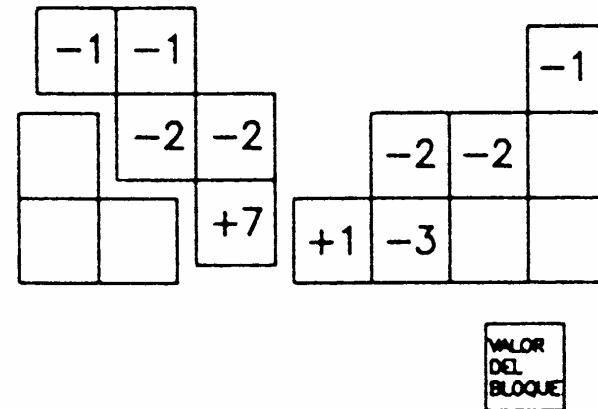


Figura 9.7. Tercer cono para el ejemplo 9.1.

8.- Ejemplo de optimización económica (cono flotante)

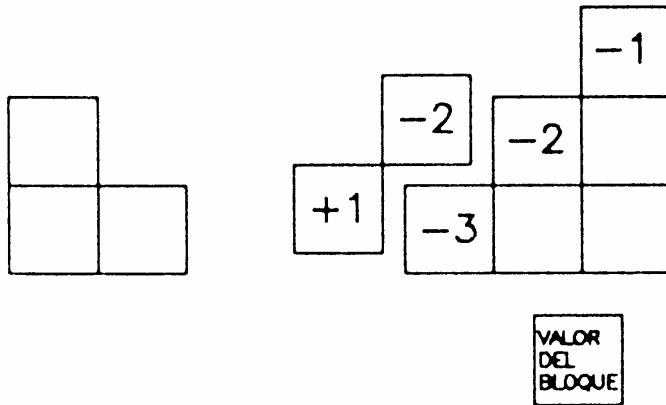


Figura 9.8. Cuarto cono para el ejemplo 9.1.

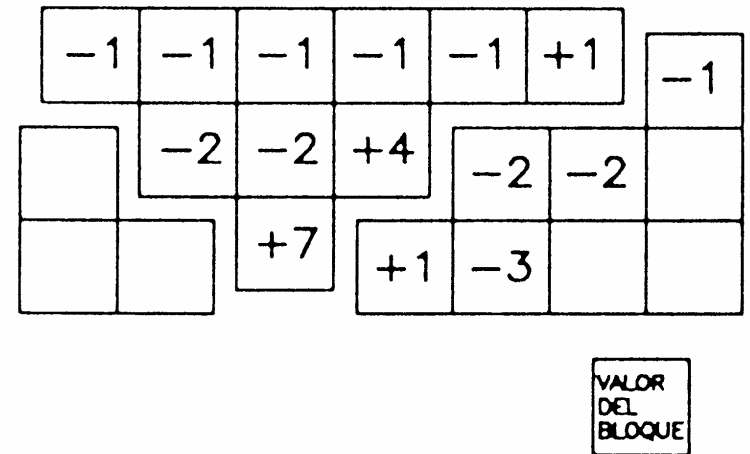


Figura 9.9. Diseño final de la explotación.

EJEMPLO DE CALCULO DE LEY CRITICA (CUT-OFF)

Yacimiento de cobre con varios contenidos de metal (% Cu)

Cada bloque tiene 1.0 millón de toneladas minerales

0.6	0.6	0.9	0.3	1.0	0.5	0.3	0.7	0.5	0.4
0.6	0.7	0.8	0.3	0.6	0.9	1.5	1.9	1.5	2.0
1.8	2.6	2.0	2.5	2.5	2.5	2.0	2.6	2.5	2.5

Según estudios de rentabilidad se tiene:

Costo de explotación minera	(\$ / ton)	2.0
Costo de procesamiento mineral	(\$ / ton)	4.0
Costos de fundición	(\$ / ton de Cu fundido)	600
Costos de refinación	(\$ / ton de Cu refinado)	250
Recuperación del proceso	(%)	90
Precio de venta Cu		2000

Preguntas

- 1.- Tonelaje total y utilidad minando todo el ymto.
- 2.- Cual es la ley media y ley crítica ?
- 3.- Cuales son las reservas sobre ley crítica ?
- 4.- Nueva ley media de esas reservas ?
- 5.- Cuánto aumentaría la utilidad explotando el yacimiento sobre la ley crítica ?
- 6.- Ley de cabeza en cantera ?

Respuestas:

1.- Tonelaje total (M ton) 30 bloques x 1.0 M ton <==>	30 M ton
2.- Ley Media (% Cu)	1.34
Utilidad minando TODO el yacimiento (M \$)	236
2.- Ley Crítica (Cut-Off) =	0.58 % Cu
Bloques MENORES a 0.58 %	6
Tonelaje en esos bloques (6 bloques x 1.0 M ton) =	6.0 M ton
3.- Tonelaje SOBRE ley crítica (30 M ton - 6.0 M ton)	24 M ton
4.- Ley Media (% Cu) con el nuevo tonelaje	1.58 % Cu
5.- Nueva utilidad explotando sobre ley critica	248 M \$
6.- Ley de cabeza en cantera	0.39 % Cu

Ejemplo de límites de explotación, con coeficiente de destape constante

SECCION TRANSVERSAL A TRAVES DE UN YACIMIENTO HIPOTETICO DE COBRE (%)

	SUPERFICIE		LINEA BASE									
	0.50	1.00	0.50	0.50	1.00							
<u>100 m</u>		1.00	0.50	0.50	1.50	0.50						
			1.50	0.50	0.50	1.00	2.00					
<u>200 m</u>				1.00	0.50	0.50	1.50	0.50				
					1.50	0.50	0.50	1.00	2.00			
<u>300 m</u>						0.50	0.50	1.00	0.50	1.50		
							0.50	1.00	0.50	0.50	1.00	
<u>400 m</u>								1.50	0.50	0.50	1.00	2.00
									1.50	0.50	0.50	1.00
<u>500 m</u>										0.50	1.00	0.50

Profundización / año = 50 m.

Precio Cu = 2,500 \$/ton

Costo mina = 2.0 \$/ton de roca

Costo planta = 4.0 \$/ton de mineral

Refinación & Fundición = 850 \$/ton de Cu refinado

Recuperación = 90 %

Ejemplo de límites de explotación, con coeficiente de destape constante

2.- PROFUNDIZACION (50 m. por año) EN EL YACIMIENTO HIPOTETICO DE COBRE (%)

	SUPERFICIE		LINEA BASE								
	FASE 1 (100 m)	FASE 2 (100 m)	FASE 3	FASE 4	FASE 5	FASE 6	FASE 7 (100 m)				
	0.50	1.00	0.50	0.50	1.00						
100 m		1.00	0.50	0.50	1.50	0.50					
200 m			1.50	0.50	0.50	1.00	2.00				
300 m				1.50	0.50	0.50	1.50	0.50			
400 m					0.50	0.50	1.00	0.50	1.50		
500 m						0.50	1.00	0.50	1.00		
							1.50	0.50	0.50	1.00	2.00
								1.50	0.50	0.50	1.00
									0.50	1.00	0.50

Profundidad máxima (350 m) en el año 7; fase 7

VALORACIÓN (\$) DE CADA BLOQUE. UTILIDAD POR CADA TONELADA EXPLOTADA (\$ / ton)

	FASE 1 (100 m)	FASE 2 (100 m)	FASE 3	FASE 4	FASE 5	FASE 6	FASE 7						
100 m.	1.00	9.00	1.00	1.00	9.00	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2
200 m.		9.00	1.00	1.00	16.00	1.00	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2
300 m			16.00	1.00	1.00	9.00	24.00	-2	-2	-2	-2	-2	-2
400 m				9.00	1.00	1.00	16.00	1.00	16.00	1.00	9.00	24.00	-2
350 metros					16.00	1.00	1.00	9.00	9.00	1.00	1.00	16.00	1.00
						1.00	1.00	9.00	1.00	1.00	1.00	9.00	-2.00

FLUJO DE CAJA Y PARA CADA AÑO Y PARA CADA PROFUNDIZACION DE LA CANTERA

AÑOS ==>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
FASE 1	10										
FASE 2		2	10								
FASE 3				9 - 2 = 7	17	17					
FASE 4					-4	-1	10	10			
FASE 5							-4	-4	22	17	17
FASE 6								-4	-4	-4	-1
FASE 7									-4	-4	-4
NPV (10%) M \$	FASE 1 9	FASE 2 10	FASE 3 33	FASE 4 10	FASE 5 32	FASE 6 -5	FASE 7 12	FASE 8 2	FASE 9 -2	FASE 10 -1	