



UNMSM



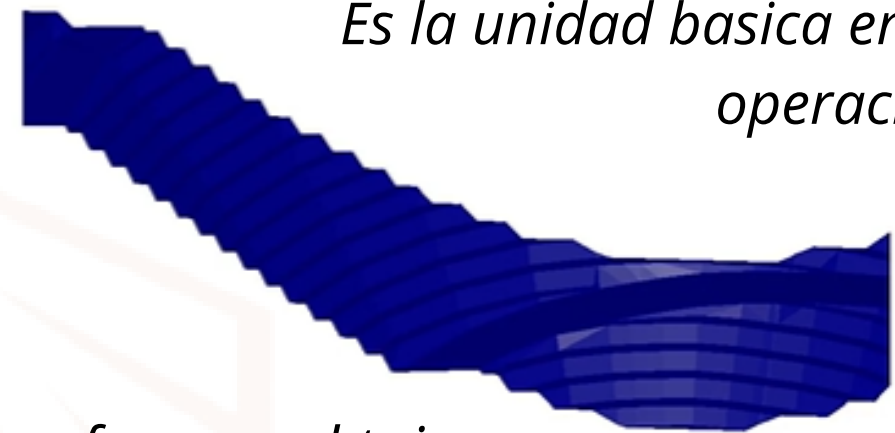
GEIPLAMIN - UNMSM

GRUPO DE ESTUDIO E INVESTIGACIÓN  
DE PLANEAMIENTO MINERO

## ¿Qué es un banco?

Es un escalón comprimido entre dos niveles, constituye la rebanada que se explota.

*Es la unidad básica en la operación*



*Una serie de bancos conforman el tajo*

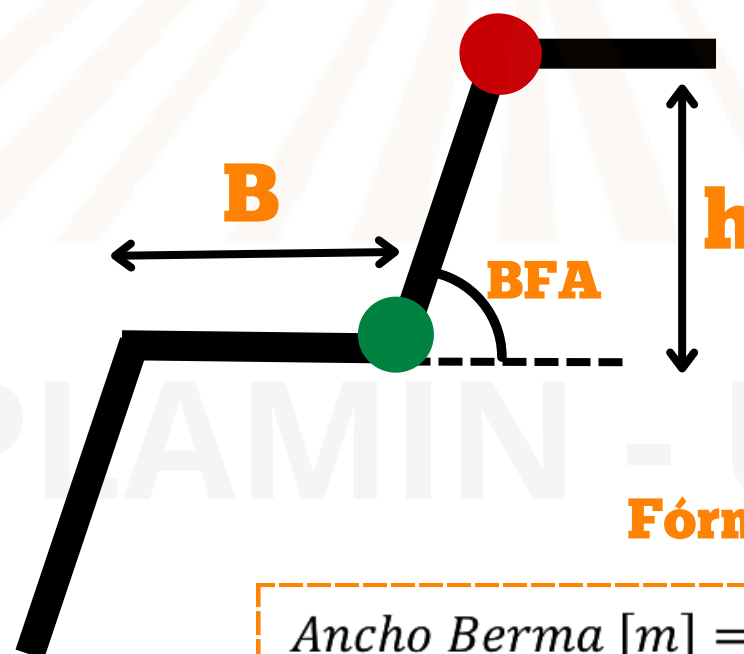
## Partes de un banco

### ● Cresta

*Parte superior del talud de banco*

### ● Pie (Toe)

*Base del talud de banco*



### Altura de banco (h)

*Distancia vertical entre dos niveles, depende fundamentalmente de las dimensiones del equipo de carguio*

### Berma de seguridad (B)

*Utilizadas para contener el desprendimiento de rocas desde niveles superiores*

### Fórmula de Ritchie

$$\text{Ancho Berma [m]} = (0.2 * \text{Altura Banco} + 4.5) \text{ [m]}$$

## Angulo de la cara de banco (BFA)

*Bench Face Angle*

Afecta el tamaño y forma del pit, depende la información geotécnica y determina la relación REM (Stripping ratio) del diseño.



# SECCIÓN VERTICAL DE UN TAJO



UNMSM



GEIPLAMIN - UNMSM

GRUPO DE ESTUDIO E INVESTIGACIÓN DE PLANEAMIENTO MINERO

Overall Slope Angle

## Ángulo global de talud (OSA)

Ángulo generado entre pie de banco en el fondo del pit y la cresta del primer banco del pit en superficie respecto a la horizontal, influenciado por el sistema de rampas.

Donde:

$r$ := Ancho de rampa

$B$ := Ancho de berma

$H_G$ :=Altura de talud global

$H_{IRA}$ :=Altura inter-rampa

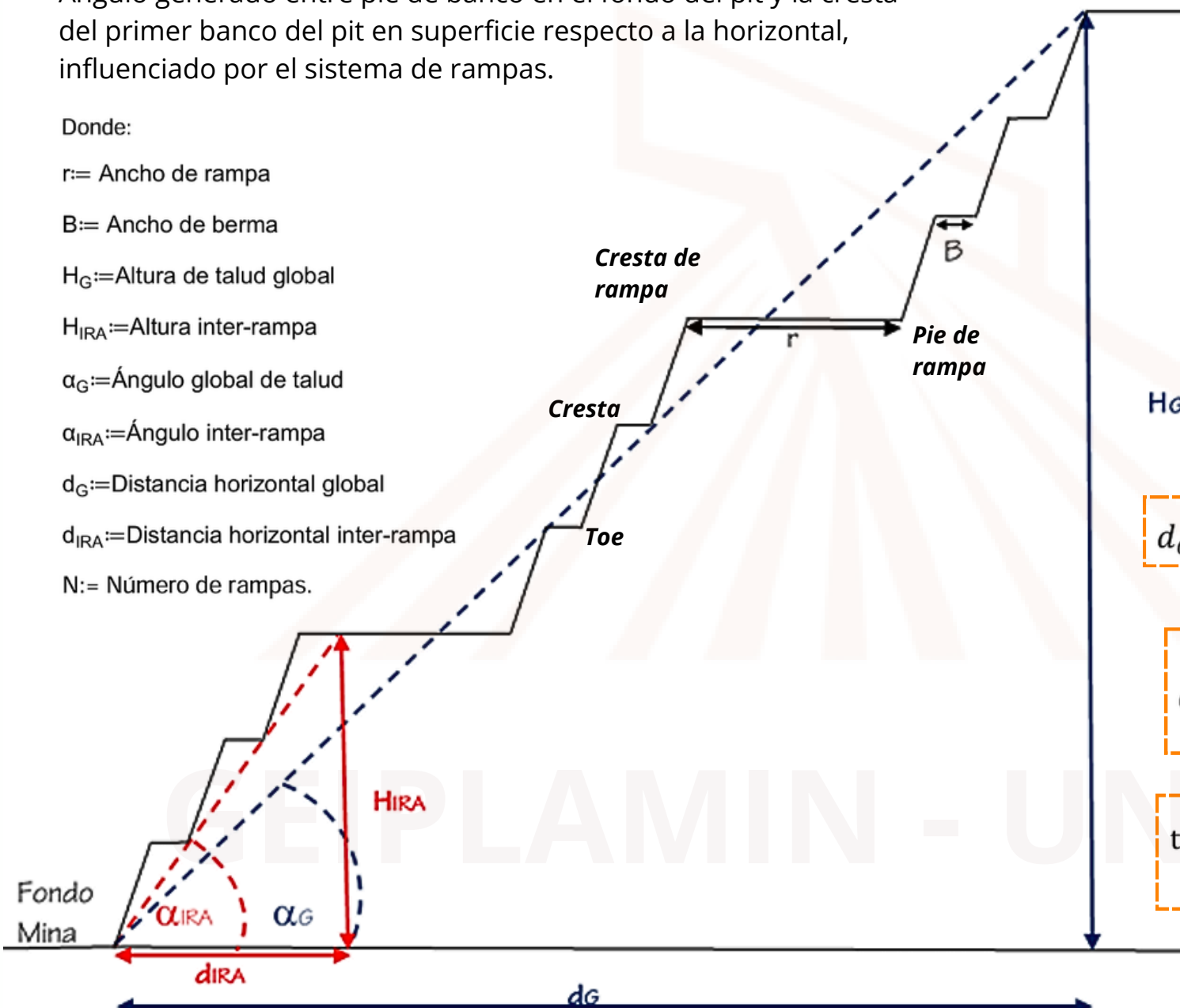
$\alpha_G$ :=Ángulo global de talud

$\alpha_{IRA}$ :=Ángulo inter-rampa

$d_G$ :=Distancia horizontal global

$d_{IRA}$ :=Distancia horizontal inter-rampa

$N$ := Número de rampas.



## Formulas derivadas

$$\tan \alpha_G = \frac{H_G}{d_G}$$

$$\tan \alpha_{IRA} = \frac{H_{IRA}}{d_{IRA}}$$

$$H_{IRA} = \frac{H_G}{N + 1}$$

$$d_G = (N + 1)d_{IRA} + (r - B)N - B$$

$$d_G = \frac{H_G}{\tan \alpha_{IRA}} + (r - B)N - B$$

$$\tan \alpha_G = \frac{H_G}{\frac{H_G}{\tan \alpha_{IRA}} + (r - B)N - B}$$

## Ángulo inter-rampa (IRA)

Inter Ramp Angle

Generado por el paquete de bancos situado entre las rampas, se mide desde el pie de rampa hasta la cresta de rampa superior (Hustrulid, 2013)



# IMPORTANCIA DE LAS RAMPAS



UNMSM

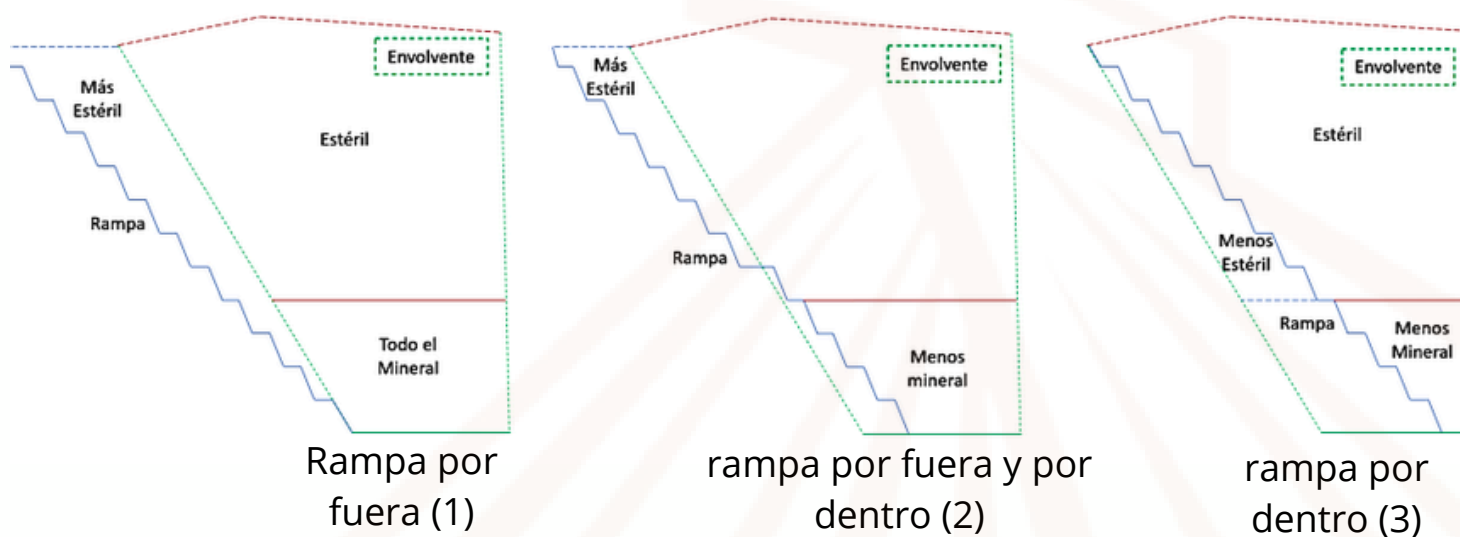


GEIPLAMIN - UNMSM

GRUPO DE ESTUDIO E INVESTIGACIÓN DE PLANEAMIENTO MINERO

Para hacer operativa la envolvente económica del pit optimizado, es necesario incluir una rampa que conecte la superficie con las fases y niveles de la mina, permitiendo el tránsito de equipos y el transporte de material a planta, botadero y stockpiles.

## Incorporación de rampa en la envolvente económica



*Tiene implicancia directa en las reservas y por consiguiente en el flujo de caja del proyecto. El ing. diseñador debe decidir entre (1,2,3):*

La rampa se considera un activo minero al igual que los equipos que la transitan, es por ello que se requiere un correcto diseño a nivel técnico - económico

## Tipos de rampa

### Rampa Continua

Velocidad de transporte más constante

Mejores tiempos de ciclo

⚠ Menor flexibilidad y seguridad (único acceso)

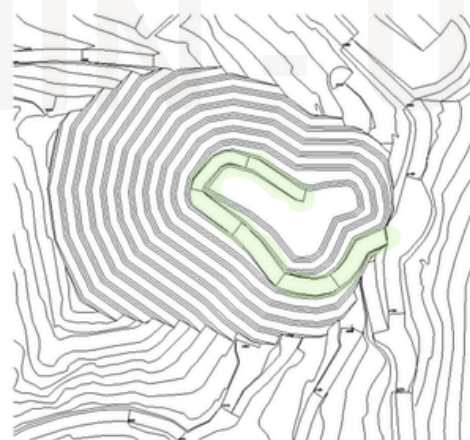
### Rampa con Switchbacks

Mayor accesibilidad y flexibilidad operativa

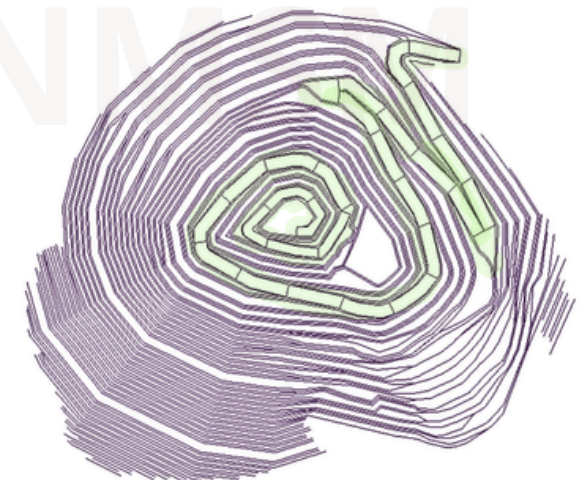
⚠ Aumento en tiempos de ciclo

⚠ Mayor volumen de estéril

### Rampa continua



### Rampa con switchback



# ESTÁNDARES PARA EL DISEÑO



UNMSM



GEIPLAMIN - UNMSM

GRUPO DE ESTUDIO E INVESTIGACIÓN DE PLANEAMIENTO MINERO

## En Perú, el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería Art. 262, indica:

“Construir rampas o vías amplias de **no menos tres (3) veces el ancho del vehículo más grande de la mina** en vías de doble sentido y no menos de dos (2) veces de ancho en vías de un solo sentido, más veinte por ciento (20 %) de espacio para la cuneta”

$$\text{Ancho de rampa} = \sum (\text{Distancias requeridas en el reglamento})$$



## Alto y ancho de bermas o pretilles

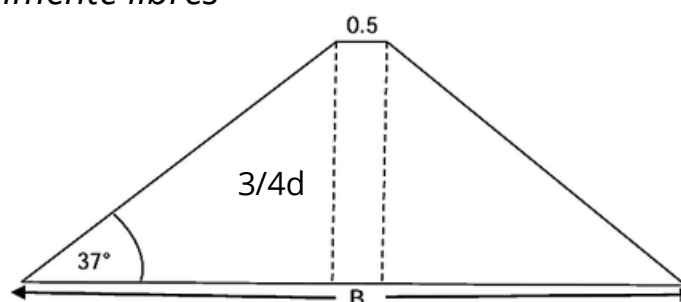
“Construir el muro de seguridad, el que **no debe ser menor de ¾ partes de la altura de la llanta más grande** de los vehículos que circulan por los caminos, rampas y/o zigzag lateralmente libres”

$$B = 2 * \frac{d/2}{\tan 37^\circ} + 0.5$$

(Parra, 2015)

Donde:

d:= diámetro del neumático del camión.



“En las vías principales (rampas, accesos o zigzags) las **gradientes no sean mayores al doce por ciento (12 %)**”



# CASO PRÁCTICO DEMOSTRATIVO



UNMSM



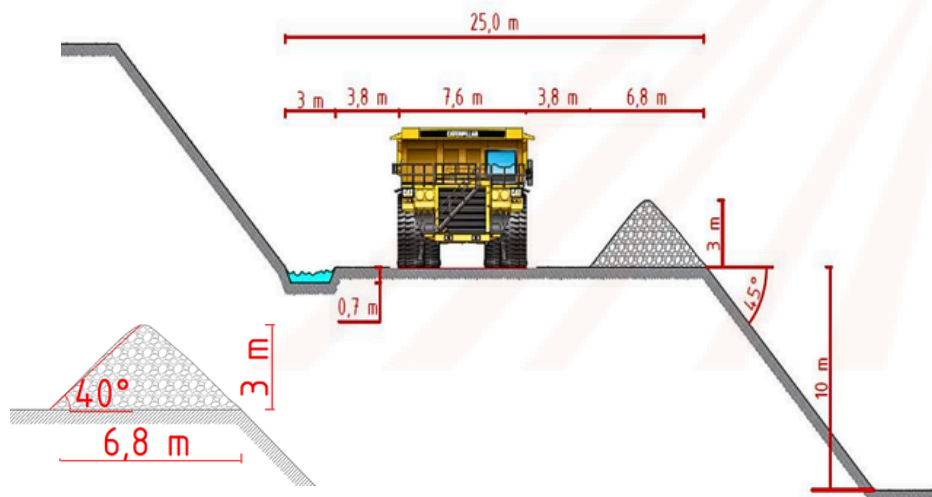
GEIPLAMIN - UNMSM

GRUPO DE ESTUDIO E INVESTIGACIÓN DE PLANEAMIENTO MINERO

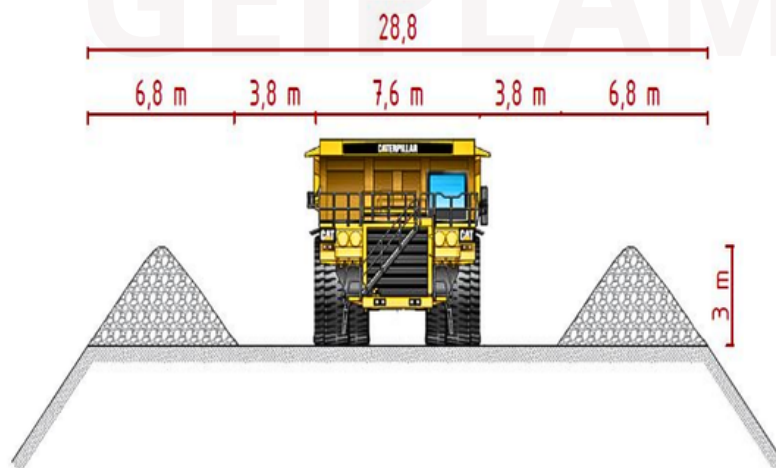
## Parametros de diseño

Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad
1	Ángulo Global del pit / overall	45	°
2	Altura de banco	10	m
3	Ángulo interrampa	45	°
4	Ángulo de cara de banco	75	°
5	Altura de berma	3	m
6	Ancho de banco / berma	8.3	m
7	Ancho de berma de seguridad	6.8	m
8	Ancho de rampa	25	m
9	Gradiente máxima de rampa	10	%
10	Ancho de la cuneta	3	m
11	Gradiente mínima de carretera de alivio	13	%
12	Gradiente máxima de camino de acceso al botadero	10	%
13	Altura de banco del estéril	30	m

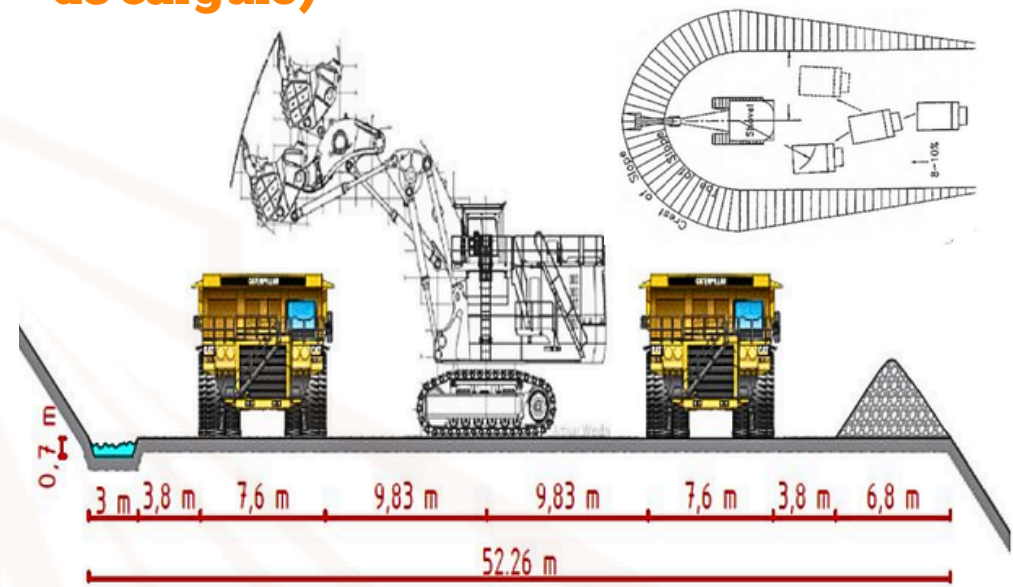
## Diseño de rampa una sola vía



## Diseño de camino de mina



## Configuración de áreas de extracción (En función del radio de giro del equipo de carguío)



## Perfil del tajo abierto final





UNMSM



GEIPLAMIN - UNMSM

GRUPO DE ESTUDIO E INVESTIGACIÓN  
DE PLANEAMIENTO MINERO

**Si te interesa el contenido, no dudes  
en reaccionar y compartirlo.**

**¡Sigamos difundiendo conocimiento!**



**GEIPLAMIN - UNMSM**

**GRUPO DE ESTUDIO E INVESTIGACIÓN  
DE PLANEAMIENTO MINERO**

*EP. Ingeniería de Minas*



**GEIPLAMIN - UNMSM**

GRUPO DE ESTUDIO E INVESTIGACIÓN DE PLANEAMIENTO  
MINERO