



CAMPUS
DE EXCELENCIA
INTERNACIONAL

POLITÉCNICA

"Ingeniamos el futuro"

Universidad Politécnica de Madrid

CLASIFICACIÓN Y CAMPO DE APLICACIÓN DE LOS MÉTODOS Y SISTEMAS DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO

Juan Herrera Herbert – Jorge Castilla Gómez

**Department of Mining and Underground Excavations.
Madrid School of Mines
Technical University of Madrid**

Oct - 2015



Definición de método minero

- Definición:

Son el conjunto de sistemas, procesos y máquinas que, en una forma ordenada, repetitiva y rutinaria, desde el punto de vista tanto temporal como espacial, extraen el mineral del yacimiento.

- En principio tan solo existen, actualmente, tres métodos en su sentido más amplio, que son:
 - El método de explotación por minería a cielo abierto (MCA)
 - El método de explotación por minería de interior o minería subterránea
 - El método de explotación por sondeos.



Definición de sistema minero

■ Definición:

Consisten en la secuencia iterativa de aplicación de técnicas y procesos, e interrelacionada en tiempo y espacio que desarrolla las operaciones o procesos mineros de extracción de los minerales en una forma repetitiva, rutinaria e iterativa dentro de los límites del yacimiento o de la cuenca minera.

- Dependেন fundamentalmente de la resistencia que las rocas oponen a su fragmentación o arranque y posteriormente a su transporte.

■ Se clasifican en:

- Sistema continuo
- Sistema discontinuo
- Sistema mixto

Sistema totalmente discontinuo

Sistema mixto con trituradora estacionaria dentro de la explotación

Sistema mixto con trituradora semimóvil dentro de la explotación.

Sistema continuo con trituradora móvil y arranque discontinuo

Sistema de transporte mixto y arranque continuo

Sistema de arranque y transporte continuos.



POLITÉCNICA

"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS
DE EXCELENCIA
INTERNACIONAL



Universidad Politécnica de Madrid



Selección del método minero

CARACTERÍSTICAS DEL YACIMIENTO	CONDICIONES DEL ENTORNO	PARÁMETROS DE LA EXPLOTACIÓN
	MÉTODO MINERO	
	SISTEMA DE EXPLOTACIÓN	
	SELECCIÓN DEL EQUIPO O DEL PROCESO	

Parámetros y condiciones

■ Condiciones del Entorno

- Altitud
- Temperatura
- Precipitaciones
- Vientos
- Tipo de terreno
- Accesibilidad
- Infraestructura
- Disponibilidad mano de obra
- Talleres/almacenes o bases de distribuidores de maquinaria
- Proximidad a áreas habitadas

■ Parámetros de la explotación

- Límites de propiedad
- Dimensiones de la excavación
- Alturas de banco y anchura de pistas, caminos y bermas
- Organización del trabajo
- Ritmo de producción
- Selectividad minera
- Vida del proyecto
- Disponibilidad de capital
- Programa de Restauración de los terrenos afectados por la mina

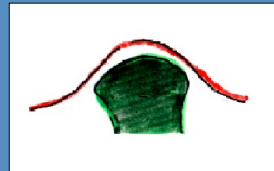


Clasificación de los diferentes tipos de yacimientos

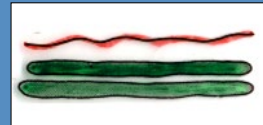
- Los yacimientos explotables por Minería a Cielo Abierto pueden clasificarse atendiendo a los siguientes criterios:
 - Por su forma
 - Por el relieve del terreno original
 - Por su proximidad a la superficie
 - Por su inclinación
 - Por su complejidad o número de mineralizaciones
 - Por la distribución de la calidad del mineral en el yacimiento
 - Por el tipo de roca dominante

Clasificación por su forma

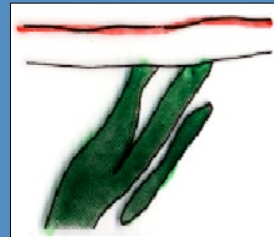
- Isométricos.



- Estratificados o filonianos.



- Columnares o cilíndricos.

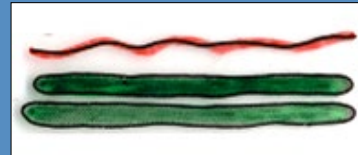


- Intermedios o mixtos.

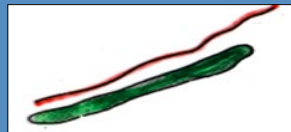
- La morfología de los yacimientos marca acusadamente:
 - La geometría final de las explotaciones,
 - La secuencia de extracción y
 - El método minero más adecuado

Clasificación por la forma del terreno original

- Horizontales o planos.



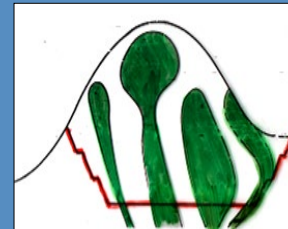
- En ladera.



- A contraladera.



- Montañosos.



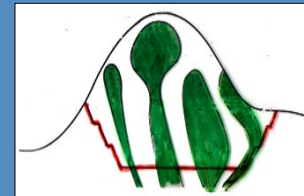
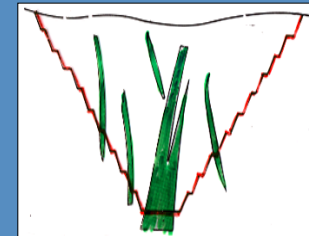
- Submarinos y subacuáticos



La geometría del terreno determina, en cierta medida, el método de explotación y la aplicabilidad de medios mecánicos para llevar a cabo la extracción de los distintos materiales.

Clasificación por su proximidad a la superficie

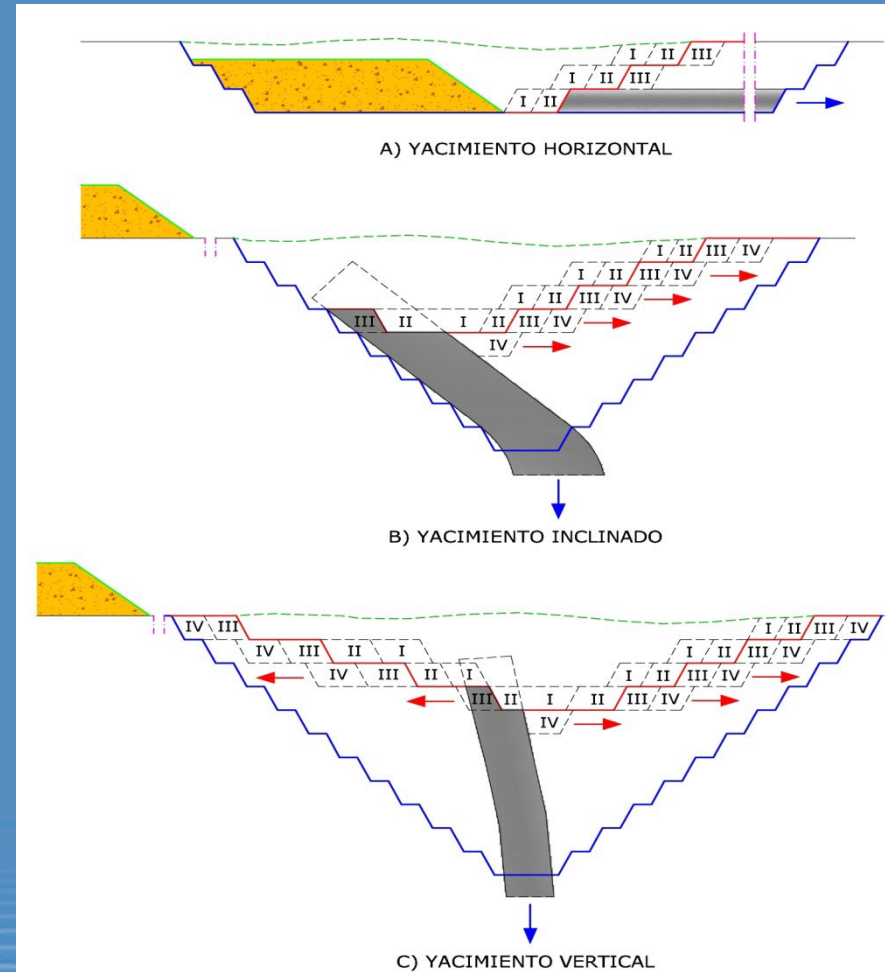
- **Superficiales** (20 o 30 m).
- **Profundos** (40 y 250 m).
- **Variables:** parte explotable a cielo abierto y el resto, por minería subterránea o de interior.
- La posición de un yacimiento puede ser, con respecto a la superficie, regular o irregular, no pudiéndose clasificar en algunos casos en un único grupo de los indicados al compartir características propias de varios grupos.



La posición relativa de un yacimiento determina el tamaño de la explotación tanto en planta como en profundidad, así como los sistemas aplicables, especialmente en lo referente a los medios de transporte.

Clasificación por su inclinación

- El ángulo que presentan las masas mineralizadas:
 - Condiciona la elección del método de explotación,
 - Condiciona las relaciones de estéril y mineral.
 - Afecta a la economía de las operaciones
 - Condiciona la probabilidad de rellenar los huecos creados en yacimientos alargados cuando se proceda a la recuperación de los terrenos afectados.



Clasificación por su complejidad o número de mineralizaciones

■ **Simples.**

- Estructura homogénea
- Uniformidad y seguridad de las leyes del mineral
- Sin presencia de inclusiones.
- Extracción conjunta.

■ **Complejos.**

- Pueden contener unas diferentes sustancias recuperables.
- Heterogeneidad de materiales rocosos.
- Fuertes variaciones en las leyes.
- Explotación selectiva.

■ **Depósitos diseminados.**

- Estructura complicada o distribución más o menos aleatoria.
- Tipo "Stockworks"
- Minería fuertemente selectiva y muy difícil concentración mineralúrgica.

Clasificación por la distribución de la calidad del mineral en el yacimiento

■ Uniformes.

- La calidad o ley del mineral idéntica dentro de los límites del yacimiento.
- La explotación se hace con uno o varios tajos, pero sin mezcla de minerales extraídos.

■ No Uniformes.

- Mineralización con calidades distintas en alguna dirección del yacimiento (en planta o en profundidad).
- Explotación simultánea en varias zonas para, a continuación, proceder a la mezcla y homogeneización de los minerales extraídos.

Clasificación por el tipo de roca dominante

- **Yacimientos con mineral y estéril de carácter ígneo o metamórfico,** ambos compactos y duros. Es necesaria una minería convencional de perforación y voladura como sistema de arranque de los materiales.
- Depósitos con **recubrimiento blando o sedimentario y la roca o mineral compacta y dura.** Es posible una minería continua en el estéril y discontinua en el mineral.
- Yacimientos con rocas de **estéril y de mineral blandas en una parte y duras en otras.** Necesidad de una minería mixta con diferentes sistemas de arranque para cada parte.
- Yacimientos con **estéril y mineral blandos.** Posibilidad de una minería continua y un arranque directo para ambas clases de materiales.



POLITÉCNICA

"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS
DE EXCELENCIA
INTERNACIONAL



Universidad Politécnica de Madrid



Clasificación de los yacimientos

Superficie explotable en Km ²	Profundidad en m	Volumen total en 10 ⁶ m ³	Tamaño	Vida en años
0.4	20-40	10	Pequeño	10
0.4-2	40-100	40-100	Mediano	10-25
2,5-6	100-200	100-500	Normal	25-30
4-20	100-250	500-2000	Grande	30-60
10-40	200-800	2000-10000	Gigante	60-100



Métodos mineros y sistemas de explotación

- Atendiendo a las características estructurales y sus aplicaciones, se puede establecer una clasificación de los submétodos clásicos de la minería a cielo abierto (MCA):
 - Cortas
 - Transferencia
 - Descubiertas
 - Terrazas
 - Contorno
 - Canteras
 - Graveras
 - Minería hidráulica
 - Lixiviación
 - Especiales o mixtos



POLITÉCNICA

"Ingeniamos el futuro"

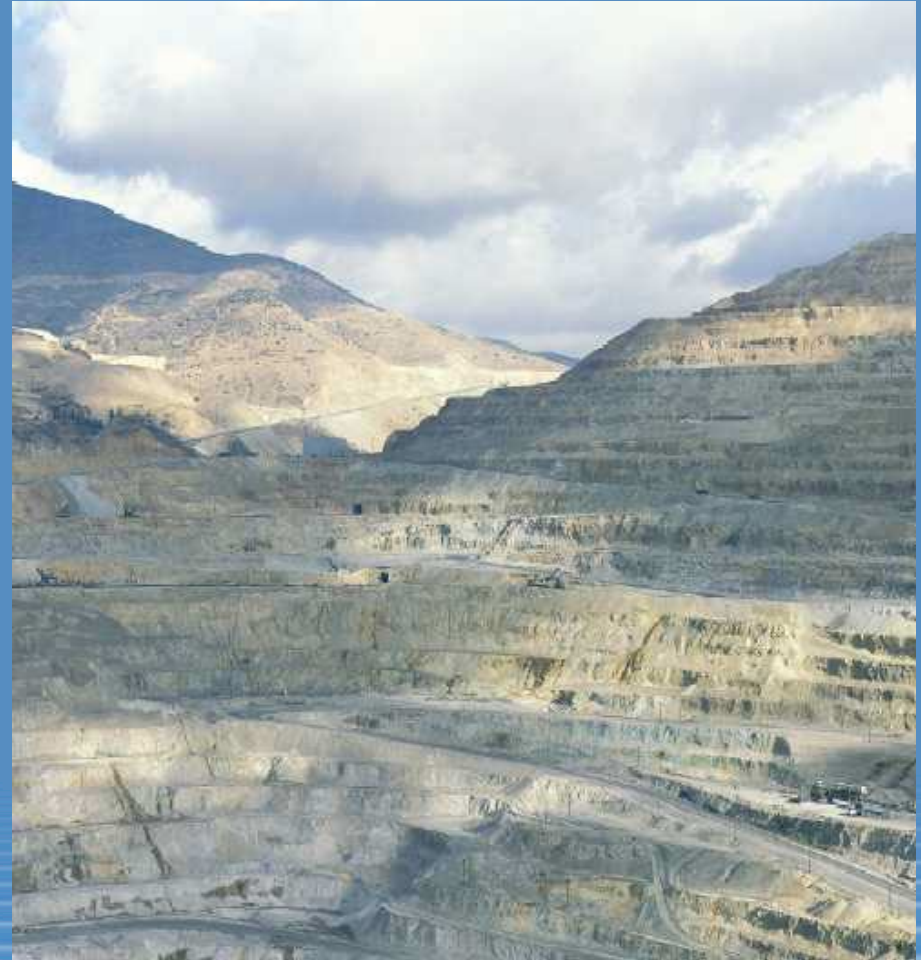
CAMPUS
DE EXCELENCIA
INTERNACIONAL



Universidad Politécnica de Madrid



Cortas





POLITÉCNICA

"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS
DE EXCELENCIA
INTERNACIONAL



Universidad Politécnica de Madrid





POLITÉCNICA

"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS
DE EXCELENCIA
INTERNACIONAL



Universidad Politécnica de Madrid



Cortas por transferencia interior





POLITÉCNICA

"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS
DE EXCELENCIA
INTERNACIONAL



Universidad Politécnica de Madrid



Descubiertas





POLITÉCNICA

"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS
DE EXCELENCIA
INTERNACIONAL



Universidad Politécnica de Madrid



Método Alemán o de Terrazas





POLITÉCNICA

"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS
DE EXCELENCIA
INTERNACIONAL



Universidad Politécnica de Madrid



Minería de contorno





POLITÉCNICA

"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS
DE EXCELENCIA
INTERNACIONAL



Universidad Politécnica de Madrid



Canteras





POLITÉCNICA

"Ingeniamos el futuro"

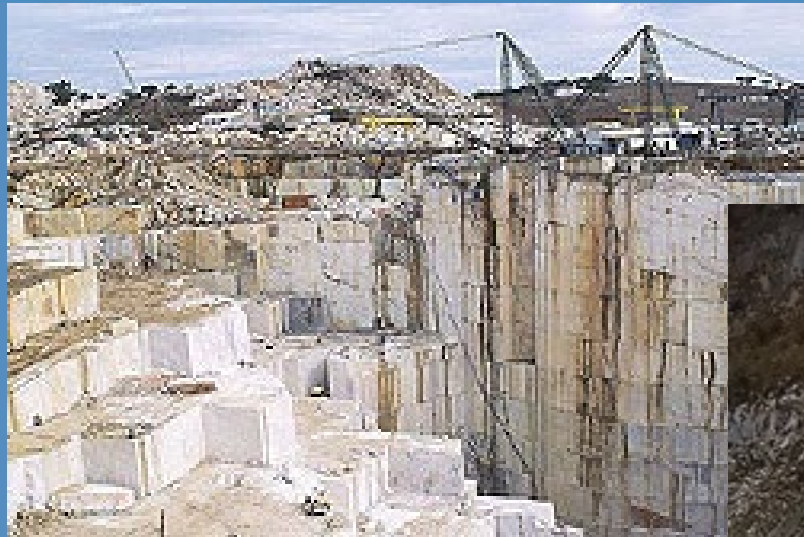
CAMPUS
DE EXCELENCIA
INTERNACIONAL



Universidad Politécnica de Madrid



Canteras de roca ornamental





POLITÉCNICA

"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS
DE EXCELENCIA
INTERNACIONAL



Universidad Politécnica de Madrid



Graveras





POLITÉCNICA

"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS
DE EXCELENCIA
INTERNACIONAL



Universidad Politécnica de Madrid



Minería hidráulica





POLITÉCNICA

"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS
DE EXCELENCIA
INTERNACIONAL



Universidad Politécnica de Madrid



Lixiviación



Métodos de minería a cielo abierto

CARACTERÍSTICAS	GEOMETRÍA	SUSTANCIAS	TAMAÑO	DENOMINACIÓN	INVERSIÓN	TECNOLOGÍA	COSTE
CANTERAS	Superficial	Rocas	Pequeño	Casi nulo	Baja	Poca	Bajo
CORTAS	Profunda	Metales	Grande	Creciente	Grande	Alta	Alto
DESCUBIERTAS	Poco Profunda	Sedimentarias	Gigante	Grande	Grande	Media	Bajo
CONTORNO	Longitudinal	Sedimentarias	Pequeño	Mediano	Mediana	Media	Medio
HIDRÁULICA	Bajo Agua	Pesados	Mediano	Grande	Variable	Alta	Medio
LIXIVIACIÓN	Variable	Solubles	Mediano	Pequeño	Pequeña	Alta	Bajo
ESPECIAL	Adaptable	Variables	Mediano	Combinado	Grande	Media	Variable



POLITÉCNICA

"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS
DE EXCELENCIA
INTERNACIONAL



Universidad Politécnica de Madrid



Dudas y preguntas

