



Universidad
Politécnica
de Cartagena

3^{er} Curso – GIRME - INGENIERÍA MINERA

UNIDAD I. LABOREO DE MINAS



TEMA 1:

**MÉTODOS DE EXPLOTACIÓN
EN MINERÍA SUBTERRÁNEA**

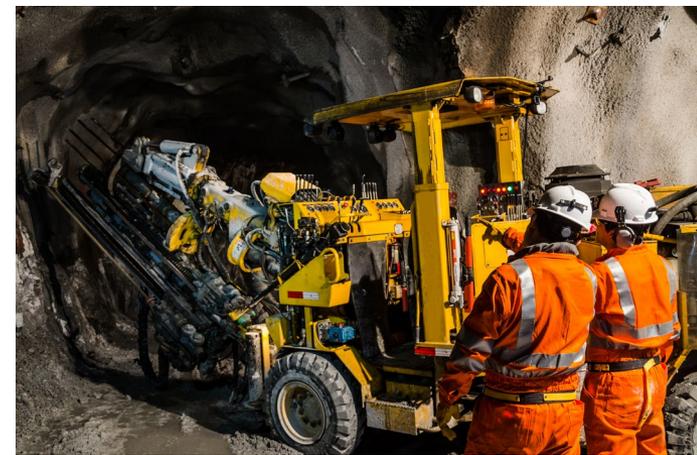


1

MÉTODOS DE EXPLOTACIÓN EN MINERÍA SUBTERRÁNEA

INDICE

1. Evaluación de los métodos mineros
2. Selección del método de explotación subterráneo
3. Terminología de la minería subterránea
4. Equipos empleados en minería subterránea
5. Métodos de explotación subterráneos
6. Referencias de consulta



(Fuente: Shutterstock)



1. Evaluación de los métodos mineros

Introducción

Las características del depósito mineral van a condicionar que el método sea subterráneo o a cielo abierto.

A igualdad de condiciones, es preferible el método a cielo abierto.

Menor coste en el desarrollo del método, tiempo más corto de su puesta en marcha, y menores accidentes laborales.



Rock production (2005)				
	Ore (Mt)	Waste (Mt)	Total (Mt)	%
Metals				
Underground	850	85	935	3
Open pit	4 130	10 325	14 500	47
Total	4 980	10 410	15 400	50
Industrial minerals				
Underground	65	5	70	0
Open pit	535	965	1 500	5
Total	600	970	1 570	5
Sub total	5 600	11 400	17 000	55
Coal				
Underground	2 950	575	3 500	12
Open pit	2 900	7 250	10 000	33
Total	5 850	7 825	13 500	45
Overall total	11 450	19 225	30 700	100

(Cortesía Atlas-Copco (2007))



1. Evaluación de los métodos mineros

Introducción

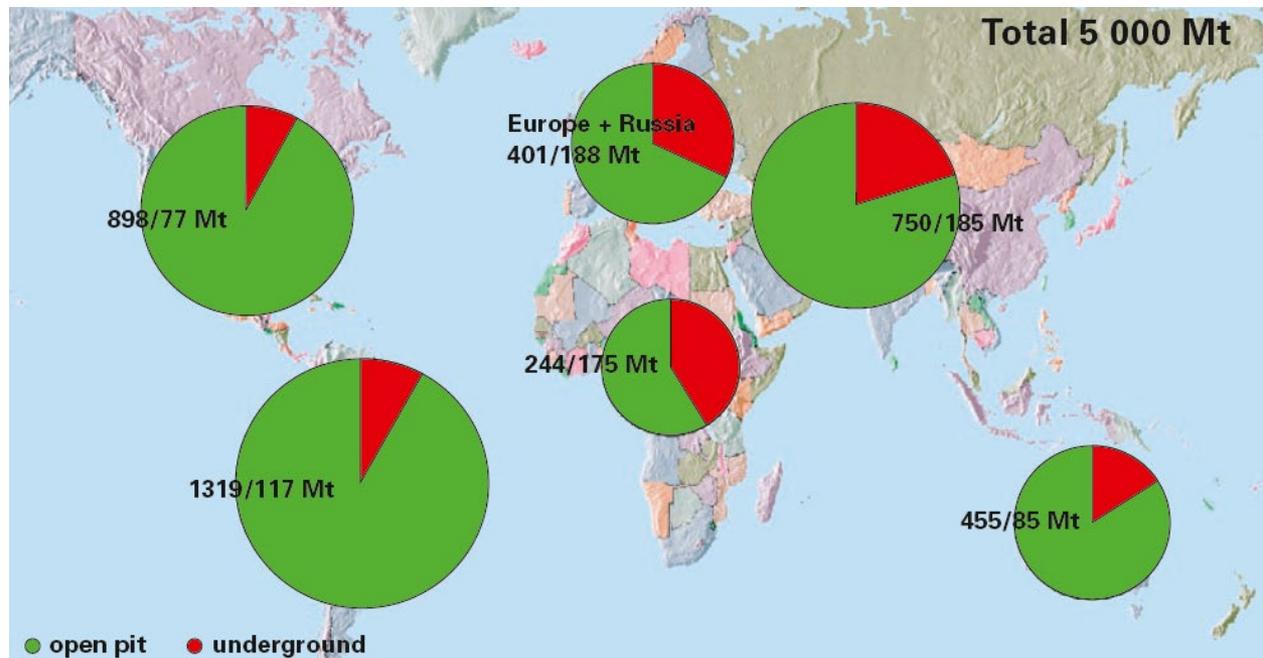
Las características del depósito mineral van a condicionar que el método sea subterráneo o a cielo abierto.

A igualdad de condiciones, es preferible el método a cielo abierto.

Menor coste en el desarrollo del método, tiempo más corto de su puesta en marcha, y menores accidentes laborales.



(Fuente: Shutterstock)



(Cortesía Atlas-Copco (2007)) - Fuente: Raw Materials Data (2005)

1. Evaluación de los métodos mineros

Introducción

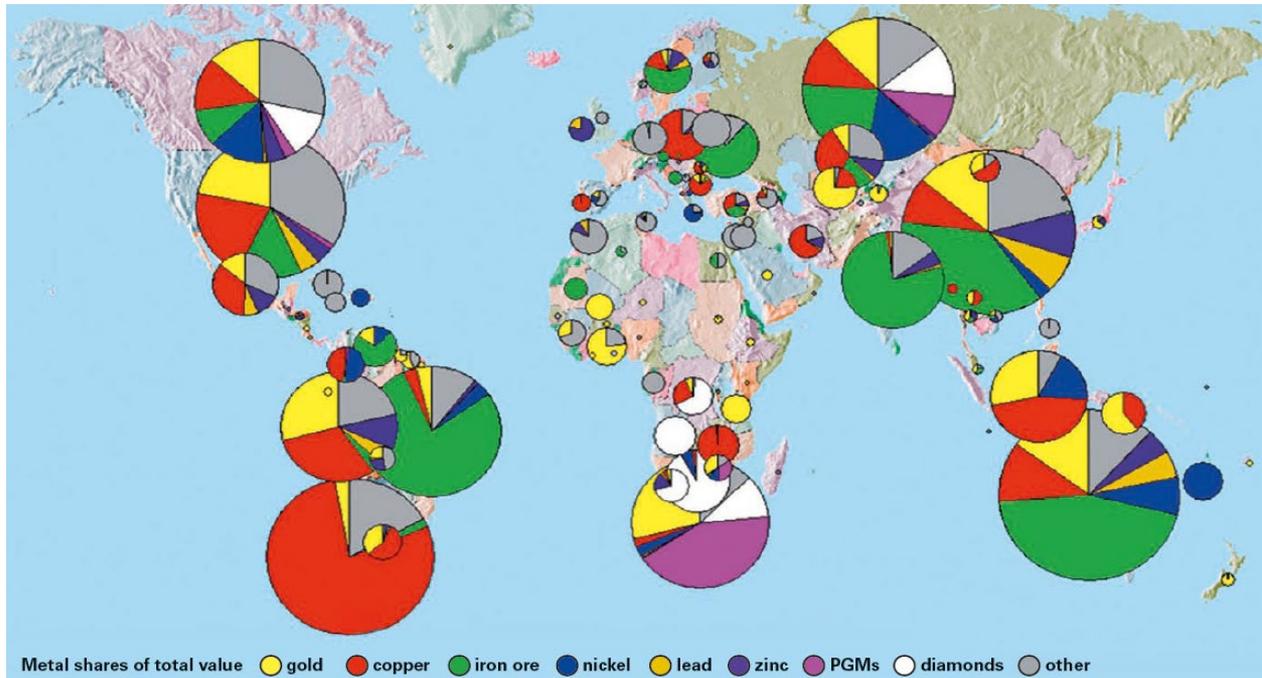
Las características del depósito mineral van a condicionar que el método sea subterráneo o a cielo abierto.

A igualdad de condiciones, es preferible el método a cielo abierto.

Menor coste en el desarrollo del método, tiempo más corto de su puesta en marcha, y menores accidentes laborales.



(Fuente: Shutterstock)



(Cortesía Atlas-Copco (2007)), Fuente: Raw Materials Data 2007

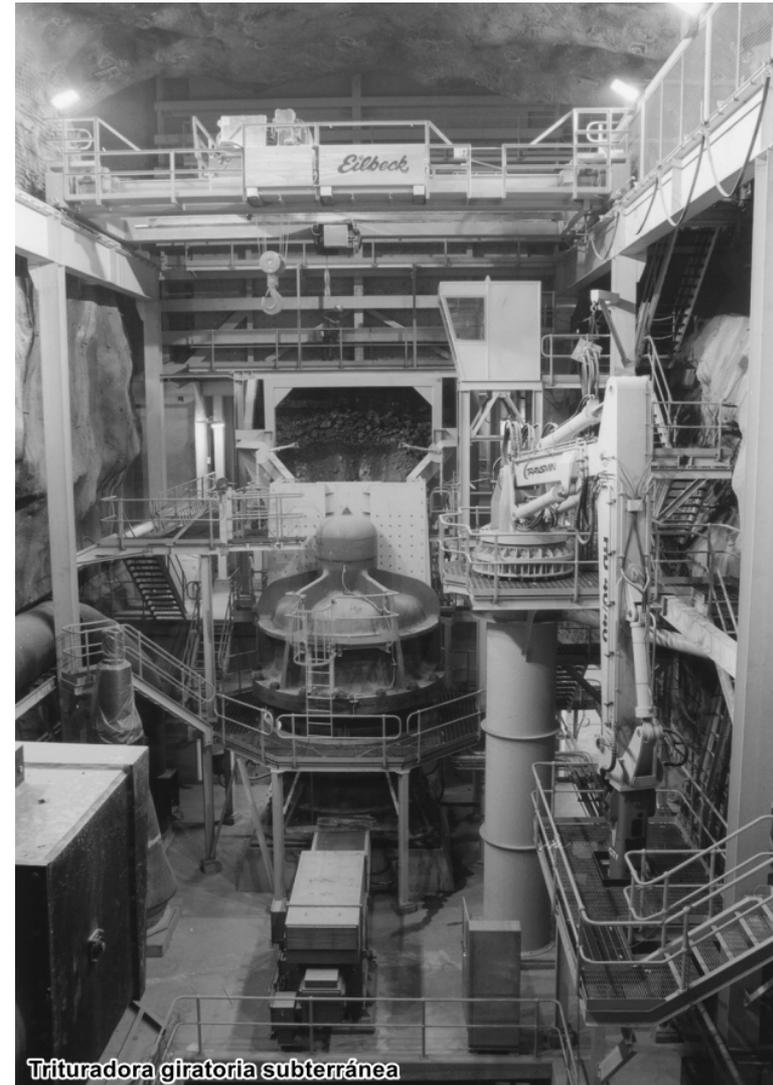


1. Evaluación de los métodos mineros

Factores que influyen en la selección.

La elección entre un método subterráneo y un método a cielo abierto va a depender:

1. Tamaño, forma y profundidad del depósito.
2. Estructura geológica y condiciones geomecánicas.
3. Producciones y capacidades de la maquinaria.
4. Disponibilidad de mano de obra cualificada.
5. Costes de operación y condiciones de los préstamos.
6. Recuperaciones del mineral e ingresos.
7. Condiciones de seguridad y salud.
8. Medioambiente.
9. Trabajos de restauración.
10. Condiciones sociales y culturales.



Trituradora giratoria subterránea

(Fuente: SME Underground Mining Handbook)



1. Evaluación de los métodos mineros

Influencia del depósito minero

Depósitos cercanos a la superficie y con una geología uniforme son explotado enteramente a cielo abierto.

También hay depósitos que sólo pueden ser explotados por métodos subterráneos que requieren una explotación más selectiva y se encuentran profundos.

Finalmente, hay depósitos que comienzan con una explotación a cielo abierto y terminan explotándose en subterráneo.

En países desarrollados existe la tendencia hacia la implantación de canteras subterráneas para la obtención de áridos y roca ornamental.



(Fuente: Shutterstock)



1. Evaluación de los métodos mineros

Influencia del depósito minero

Tablas de clasificación de los depósitos minerales.

Depósitos minerales tabulares clasificados según inclinación

Clase	Inclinación	Transporte mineral	Resistencia de la roca
Horizontal	$\leq 20^\circ$	Equipo móvil y cinta transportadora	Roca blanda (superficie)
Inclinado	$20-45^\circ$	Uso de raspadores (Slusher + scraper)	Roca dureza media
Fuertemente inclinados o verticales	$\geq 45^\circ$	Flujo por gravedad	Roca dura (profundidad)

(Fuente: SME Mining Engineering Handbook (2011))

Clase	Espesor del depósito		Comentarios
	Carbón	Mineral	
Tabular			
Delgado	0.9–1.2 m (3–4 ft)	0.9–1.8 m (3–6 ft)	Equipos mineros LHD's de bajo perfil
Medio	1.2–2.4 m (4–8 ft)	1.8–4.6 m (6–15 ft)	Entibación ≤ 3.1 m (10 ft)
De gran espesor	2.4–4.6 m (8–15 ft)	4.6–15.3 m (15–50 ft)	Equipo pequeño de superficie
Masivo	≥ 4.6 m (15 ft)	≥ 5.3 m (50 ft)	Necesario el banqueo, Se considerará hundimiento

(Fuente: SME Mining Engineering Handbook (2011))

Slusher mining equipment



Equipos de perfil bajo LHD's (Loaders, Haulers, Dumpers)



(Cortesía Sandvik (TORO LH209L loader))



1. Evaluación de los métodos mineros

Influencia del depósito minero

Depósitos minerales según su profundidad

Profundidad del depósito			
Subterráneo (Medida de la presión del material superior)			
Clase	Carbón	Mineral	Superficie
Superficial	≤61 m (200 ft) (entrada por taludes)	≤305 m (1,000 ft)	≤61 m (200 ft)
Moderado	122–244 m (400–800 ft) (problemas en pilares)	305–457 m (1,000–1,500 ft)	61–305 m (200–1,000 ft)
Profundo	≥915 m (3,000 ft)	≥1,830 m (6,000 ft)	≥305–915 m (1,000–3,000 ft) (minería a cielo abierto)

(Fuente: SME Mining Engineering Handbook (2011))

Depósitos minerales clasificados por la geometría y el tipo de yacimiento

Geometría	Tipo de depósito	Comentarios
Tabular	Placer (aluvial)	Somero - blando
Horizontal e Inclinado	Carbón (también plegado)	Blanda la roca encajante
	Evaporitas (también domos)	Buena roca encajante,
	Sedimentario Metamórfico (también plegado)	de gran espesor
Vertical	Filones o vetas	Podrían presentarse alterados
Masivo	Igneo (magmático)	Resistentes
	Mineral diseminado	Podrían presentarse alterados

(Fuente: SME Mining Engineering Handbook (2011))



(Cortesía Epiroc (minetruck))



(Cortesía Epiroc (Scooptram loader))



1. Evaluación de los métodos mineros

Producción de un método minero

Por lo general una explotación a cielo abierto produce más que una explotación en subterráneo. Produciendo la misma cantidad de mineral.

La explotación a cielo abierto debe extraer material de cobertera y de la roca encajante.

La explotación en subterráneo es más selectiva.

Producción diaria de grandes minas subterráneas

Mine	t/d	Product	Country
El Teniente	100,000	Cu	Chile
Grasberg Underground	50,000	Cu	Indonesia
Olympic Dam	25,000	Cu, U	Australia
Palabora	20,000	Cu	South Africa
Kiruna	40,000	Fe	Sweden
Henderson	32,000	Mo	United States
Norilsk	30,000	Ni	Russia

(Fuente: SME Mining Engineering Handbook (2011))

Producción diaria de grandes minas a cielo abierto

Mine	t/d	Product	Country
CBG Bauxite	32,000	Al	Guinea
Bata Hijau	182,000	Au	Indonesia
Zarafshan Newmont	38,000	Au	Uzbekistan
Goldstrike	32,000	Au	United States
Cripple Creek and Victor	30,000	Au	United States
Rhineland Lignite*	274,000	Coal	Germany
North Antelope Rochelle	251,000	Coal	United States
Black Thunder	250,000	Coal	United States
Cordero Rojo	180,000	Coal	United States
Kaltim Prime	100,000	Coal	Indonesia
Chuquicamata	375,000	Cu	Chile
Escondida	240,000	Cu	Chile
Grasberg	240,000	Cu	Indonesia
Collahuasi	170,000	Cu	Chile
Bingham	150,000	Cu	United States
El Abra	120,000	Cu	Chile
Hamersley Yandacoogina	143,000	Fe	Australia
Carajas	100,000	Fe	Brazil
Alegria	65,000	Fe	Brazil
Samarco	65,000	Fe	Brazil
Mount Wright	62,000	Fe	Canada
Iron Ore Company of Canada	60,000	Fe	Canada
Mt. Keith	32,000	Ni	Australia
Syncrude Oil Sands†	500,000	Oil	Canada

Source: Data from InfoMine USA 2009 and Mining-technology.com 2009.

*Operation includes three pits.

†Operation includes five pits.

(Fuente: SME Mining Engineering Handbook (2011))



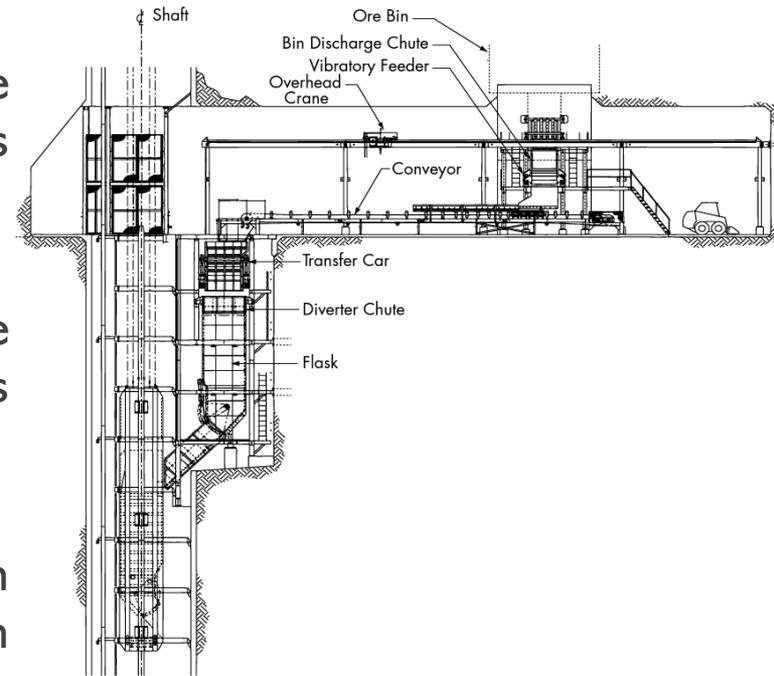
1. Evaluación de los métodos mineros

Desarrollo de un método minero

Una gran explotación a cielo abierto puede requerir entre 2 y 6 años de trabajos previos de preparación antes de empezar a producir.

Una gran explotación en subterráneo puede requerir entre 5 y 10 años de trabajos previos de preparación antes de empezar a producir.

Las explotaciones en subterráneo exigen un diseño previo más cuidadoso ya que son menos flexibles a cambios posteriores de la infraestructura ya instalada.



(Fuente: SME Underground Mining Handbook (2023))



Sistema de cinta transportadora en subterráneo



Taller de mantenimiento subterráneo

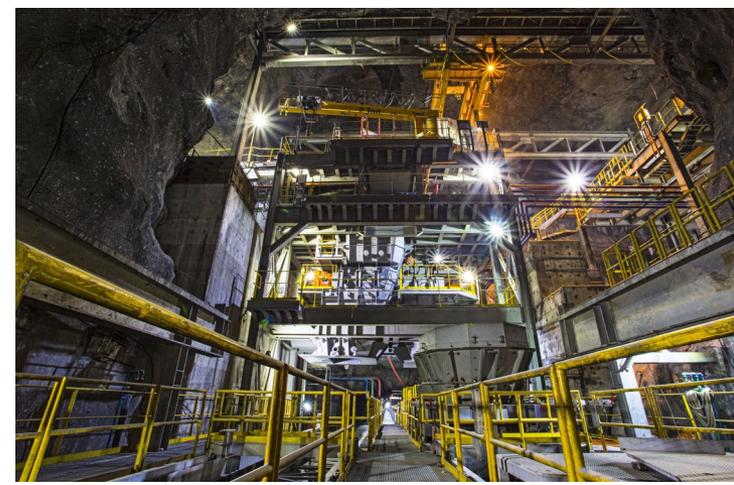
(Fuente: SME Underground Mining Handbook (2023))



1. Evaluación de los métodos mineros

Factores que influyen en su selección

1. **Localización del depósito.** (canteras de áridos en EEUU, producción de áridos para Manhattan, subsidencias, etc.).
2. **Geología.** (depósito de alta ley puede permitir métodos subterráneos con una mayor intensidad de mano de obra).
3. **Exigencia del proceso de minerales.** (La dilución producida a cielo abierto puede hacer prohibitivo el procesamiento de minerales).
4. **Condiciones sociales y culturales.**
5. **Mano de obra especializada.**



(Fuente: Shutterstock)

2. Selección del método de explotación subterráneo

Definido el depósito mineral se comienza con la fase de selección el método de explotación.

Actualmente los métodos de explotación subterráneos se clasifican en los siguientes grupos:

1. Tajos o frentes de explotación (“*stope*”) estables de forma natural no requiriendo estabilización artificial: métodos de cámara y pilares y de arranque por subniveles (“*sublevel stoping*”).
2. Tajos de arranque que requieren relleno y/o sostenimiento: arranque con cámara almacén (“*shrinkage stoping*”), corte y relleno (“*cut-and-fill mining*”), minado con cuadros de madera (“*square-set mining*”), VCR (“*vertical crater retreat*”) y de tajo largo (“*longwall mining*”).
3. Métodos de hundimiento: hundimiento por subniveles (“*sublevel caving*”), hundimiento por bloques (“*block caving*”).



Equipo de perforación para barrenos largos en abanico

(Cortesía Epiroc (Simba E70 S))



(Cortesía Epiroc (Simba E70 S))



2. Selección del método de explotación subterráneo

La tabla siguiente sirve como primera aproximación para decidir los métodos más apropiados para explotar un yacimiento mineral.

Clasificación de los métodos mineros subterráneos en relación con la geometría y las propiedades físicas y de deformación de la roca

Buzamiento depósito	Anchura mineralizada	Resistencia roca encajante	Resistencia del mineral	Método de soporte	Método minero aplicable
Inclinado (>45°)	Filones estrechos (<3 m)	Duro Blando	Duro Duro o Blando Blando	Pilares rígidos Relleno (Backfill)	Minería en pozo (Horodiam, Alimak) Tajo abierto (longhole, vertical retreat) Resuing (fragmentación térmica) Cámara almacén (Shrinkage) Resuing (fragmentación térmica) Corte y relleno (Cut and fill, C&F)
	Filones anchos (>3 m)	Duro Blando	Duro Duro o Blando Blando	Pilares rígidos Relleno (Backfill) Maderas y relleno Hundimiento	Tajo abierto (longhole, vertical retreat) Cámara almacén (Shrinkage) Corte y relleno (Cut and fill, C&F) Método Avoca Método "Square set" Hundimiento por subniveles
Horizontal	Capas delgadas (<4 m high)	Duro Blando	Duro Duro o Blando Blando	Pilares rígidos Hundimiento Relleno (Backfill)	Resuing Cámaras y pilares (Room and pillar, R&P) Cámaras y pilares con pilar en retirada Tajo largo (Longwall) Tajo corto (Shortwall) Galería y relleno (Drift and fill)
	Capas anchas (>4 m high)	Duro	Duro Blando	Pilares rígidos Relleno (Backfill)	Cámara y pilares Top heading and bench (R&P) Cámaras y pilares con relleno
	Multicapa (Multiseam)	Igual que para los casos de capas delgadas y capas anchas. Excepto que el espesor entre capas sea mayor de 6-10 veces el espesor la capa inferior, los pilares y entradas deberían estar alineados en ambas capas.			
Masivo y capas de gran espesor	—	Duro Blando	Duro Duro o Blando	Pilares rígidos Relleno (Backfill) Hundimiento	Tajo abierto por subnivel (Sublevel open stoping) Corte y relleno (Post-pillar C&F) Método Avoca Hundimiento por subniveles Hundimiento por bloques

(Fuente: SME Underground Mining Handbook (2023))

En cada categoría coexisten métodos por hundimiento o por subniveles, y donde éstos se presentan bajo “*open stoping*”, conocido como soporte de pilares rígidos (“*rigid pillar support*”) o bajo tajo soportado (“*backfilled stoping*”).



3. Terminología de la minería subterránea

MENA: Mineral con contenidos valiosos para su venta o transformación (**Ore body**).

ZAFRA: Material arrancado para su carga.

SOCAVÓN: Galería o túnel de acceso desde el exterior más o menos horizontal.

RAMPA: Acceso o plano inclinado (**Ramp**)

GUÍA: Galería en mineral y en dirección del yacimiento.

LATERAL o REAL: Galería en roca encajante y en dirección del yacimiento.

TRANSVERSAL: Galería normal a la dirección que une la lateral con la guía.

POZO: Labor de acceso vertical para la extracción o el acceso principal (**Winze, o Raise**).

CHIMENEA: Conexión vertical entre galerías para ventilación, personal o mineral (**Shaft**).

NIVEL: Conjunto de galerías con acceso directo desde el pozo o rampa de entrada a la mina (**Level**).

SUBNIVEL: Galería desde la que se ejecutan las labores de arranque y carga a una cota determinada, equivalente al banco en el cielo abierto (**Sublevel**).

HASTIALES: Contactos del yacimiento con la roca encajante, o paredes de una galería.

ENTIBACIÓN: Sistema o técnica de sostenimiento de huecos mineros.



3. Terminología de la minería subterránea

TECHO: Contacto superior del mineral, con la roca encajante (**Hanging wall**).

MURO: Contacto del mineral con la parte inferior de la formación (**Footwall**).

CABEZA Y BASE: Las excavaciones superior e inferior de la cámara.

CÁMARA: Hueco creado para la explotación del mineral, limitado por pilares (**Room**).

TALLER: Frente o tajo de arranque. Unidad de trabajo subterráneo (**Stope**).

BARRENO O TIRO: Taladro perforado para colocar el explosivo de una voladura (**Blasthole**).

CORRIDA: Longitud en dirección del yacimiento.

POTENCIA: Espesor de la mineralización (**Thickness**).

BUZAMIENTO: Ángulo que el depósito forma con la horizontal (**Dip**).

FRACTURACIÓN: Intensidad, frecuencia y forma de presentarse las separaciones entre planos del mineral.

DILUCIÓN: Porcentaje de estéril que se extrae con el mineral (**Dilution**).

SELECTIVIDAD: Proceso de separación del mineral entre las intercalaciones de estéril.

CIELO: Límite físico superior de un hueco o cámara.

PISO: Límite físico inferior de un hueco o cámara.



3. Terminología de la minería subterránea

PILAR BARRERA: Macizo de protección en los laterales de una cámara.

PILAR CORONA: Macizo de protección entre cámaras separando dos subniveles de explotación.

BULONES: Pernos de anclaje o entibación.

CUELE: Barrenos de apertura de una voladura.

REFUGIO: Abrigo para personal o maquinaria.

RELLENO: Material estéril que ocupa y entiba un hueco explotado.

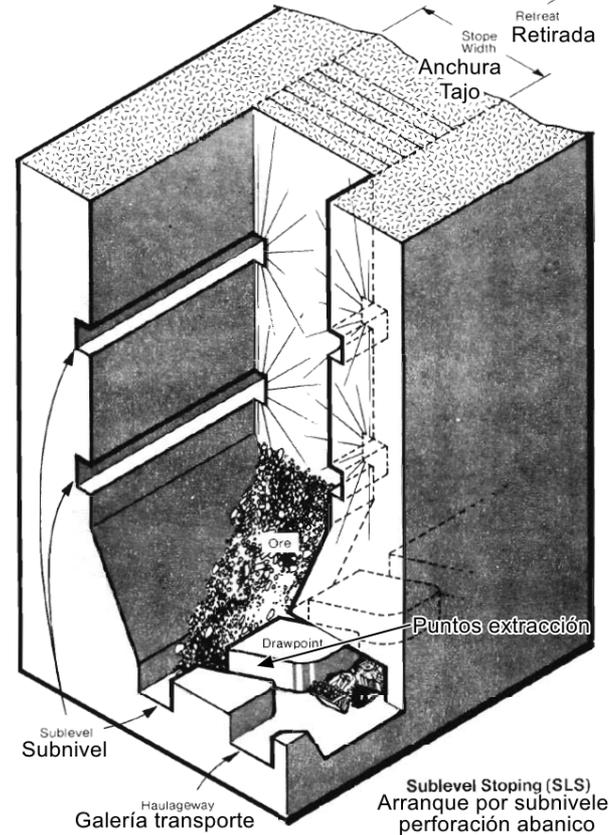
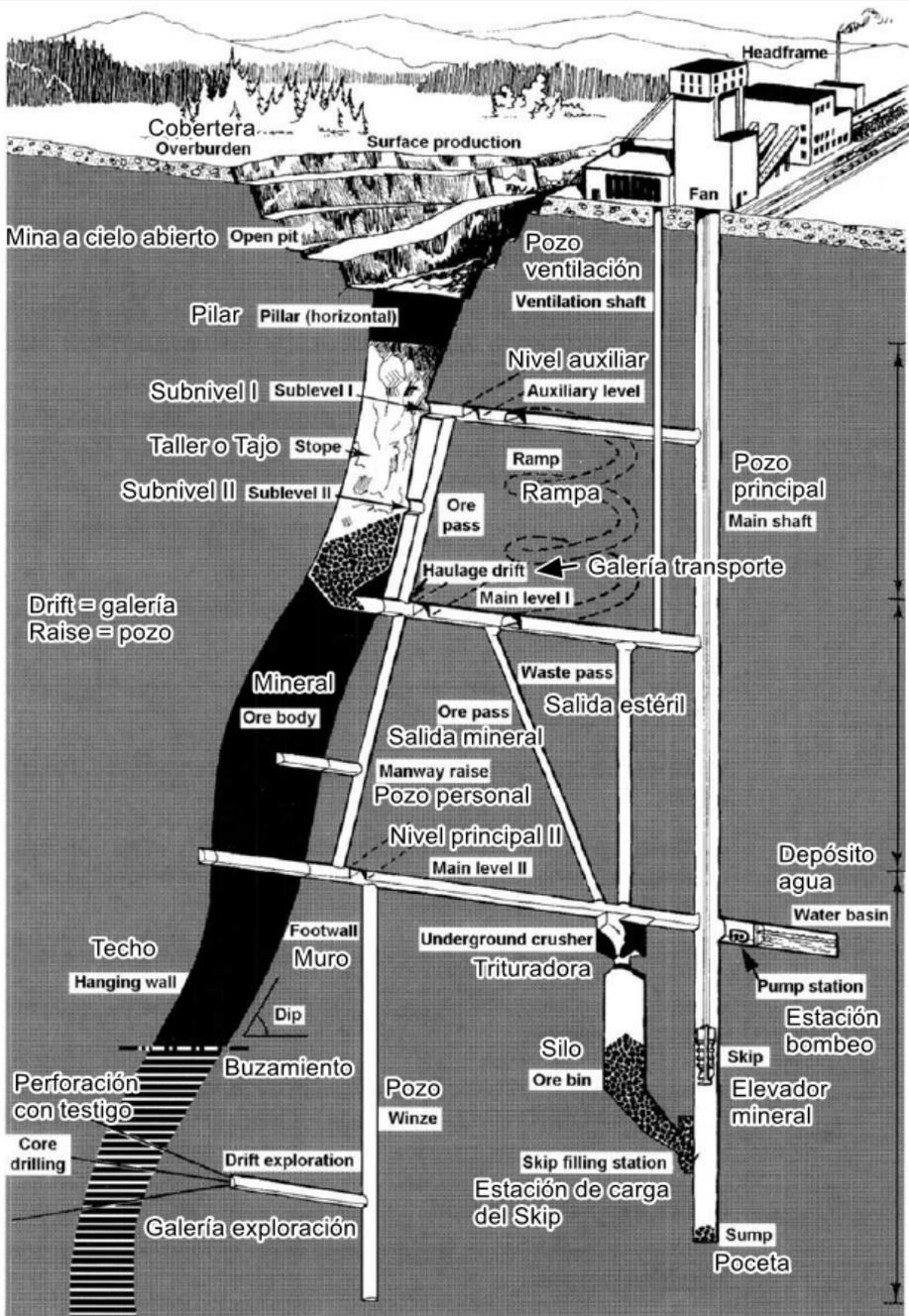
SOLERA: Parte inferior de un frente o tajo de explotación.

VENTILACIÓN: Circuito de aire para la habitabilidad de personas o máquinas.

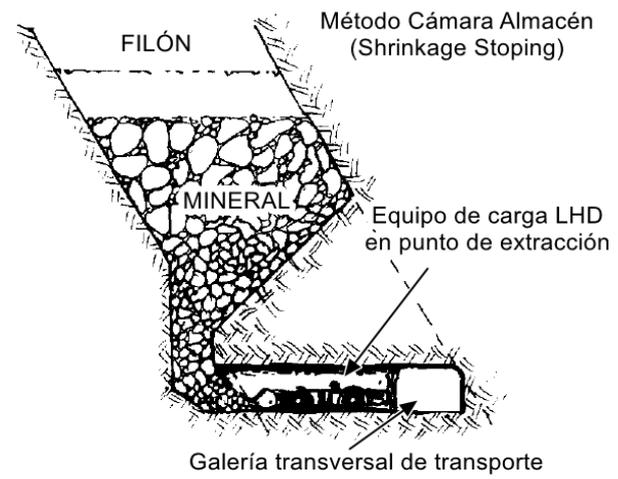
COMPUERTAS: Reguladores de la ventilación y del relleno hidráulico.

NIVEL PRINCIPAL: Galería de transporte de mineral hasta pozos de extracción.

3. Terminología de la minería subterránea

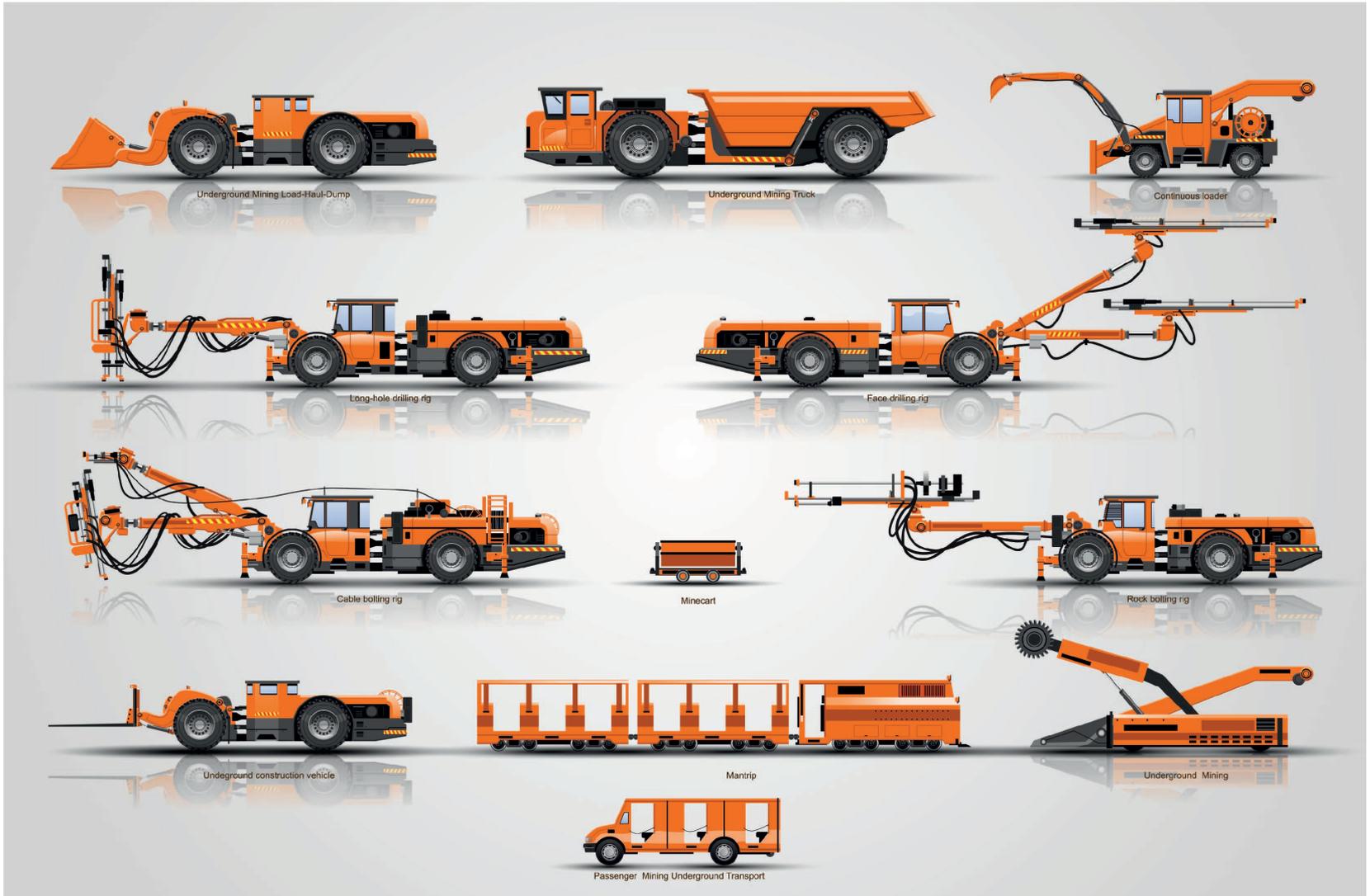


(Fuente: SME Underground Mining Methods Handbook (1982))



(Fuente: SME Underground Mining Methods Handbook (1982))

4. Equipos empleados en minería subterránea



(Fuente: Shutterstock)



4. Equipos empleados en minería subterránea

Equipos de carga y transporte



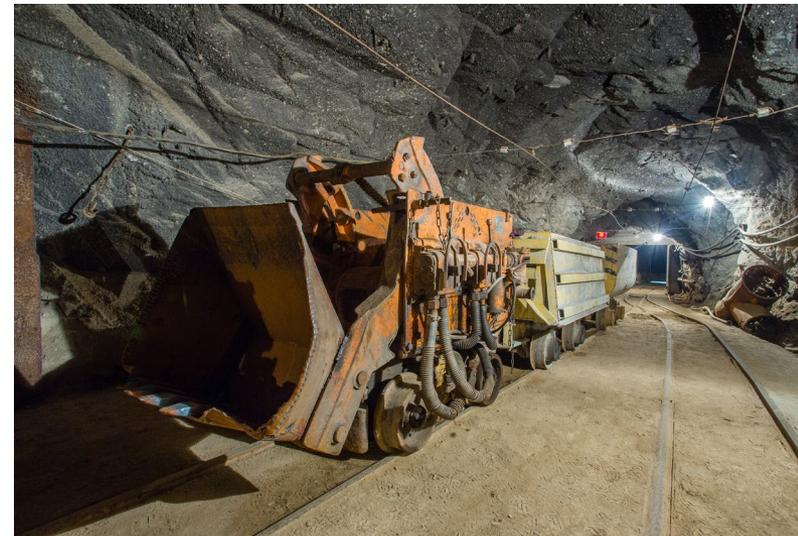
(Cortesía EIMCO ELECON)



(Cortesía SANDVIK)



(Cortesía SANDVIK)



(Fuente: Shutterstock)



4. Equipos empleados en minería subterránea

Equipos de perforación y bulonado



(Cortesía SANDVIK)



Equipos de perforación en frentes de galería



(Cortesía SANDVIK)

Equipo de bulonado



(Fuente: Shutterstock)



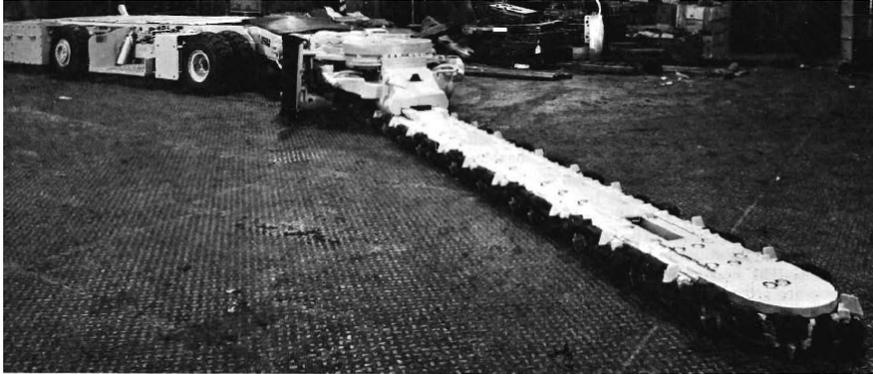
(Cortesía Epiroc)

Equipo para barrenos largos



4. Equipos empleados en minería subterránea

Equipos de excavación mecánica



(Cortesía Joy Manufacturing Co.)

Equipos de corte con sierra



(Cortesía Joy Global - Komatsu)



(Cortesía Joy - Komatsu)

Rozadoras – minadores continuos



(Cortesía Sandvik)





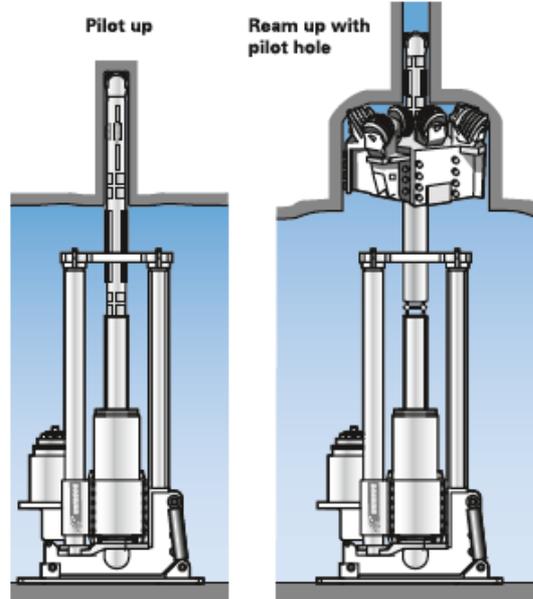
4. Equipos empleados en minería subterránea

Equipos para construcción de pozos y chimeneas

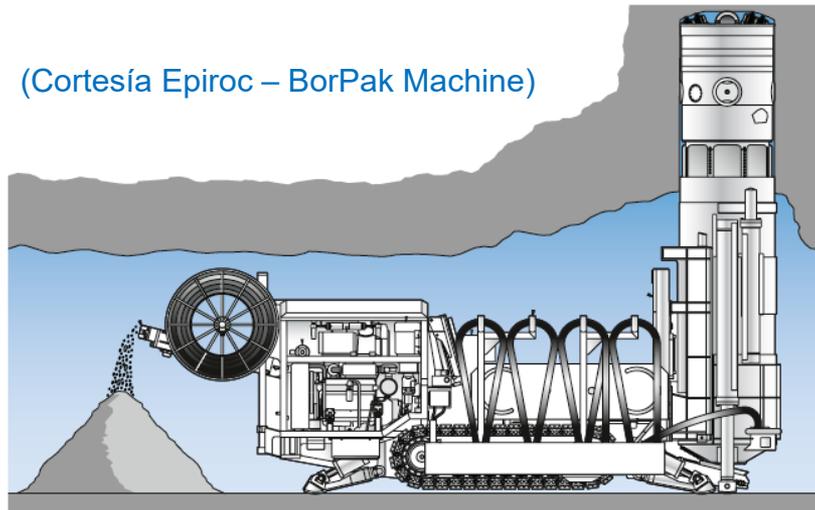
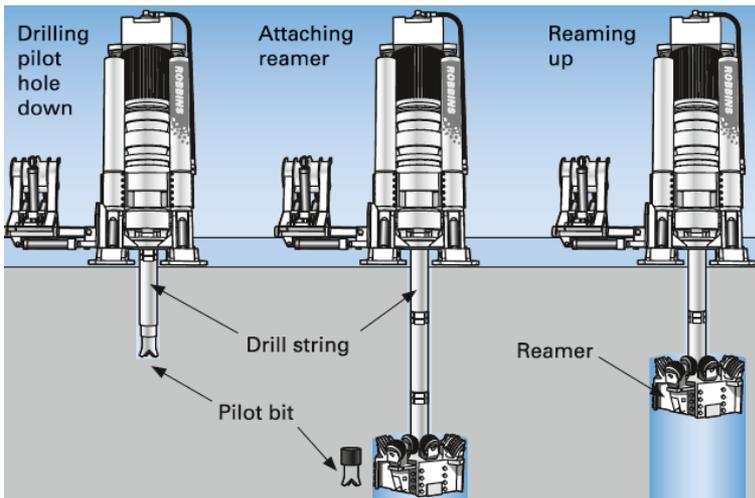
Equipos para ejecución de pozos verticales - Raiseboring



(Cortesía Epiroc – Robbins 73RH C)



(Cortesía Epiroc – Robbins 73R)



(Cortesía Epiroc – BorPak Machine)



4. Equipos empleados en minería subterránea

Equipos para construcción de pozos y chimeneas

Equipos para ejecución de pozos verticales - Raiseboring

Herrenknecht underground mining equipment



Multiservice vehicles

Transporte vertical

Gripper TBM

Shaft boring extension machine

Shaft boring cutterhead

Shaft boring roadheader

Vertical shaft sinking machine

Shaft drilling jumbo

Gripper TBM

Reaming heads

Reef boring machine

Boxhole boring machine

Boxhole backreaming machine

Downhole boring machine

(Cortesía Herrenknecht)



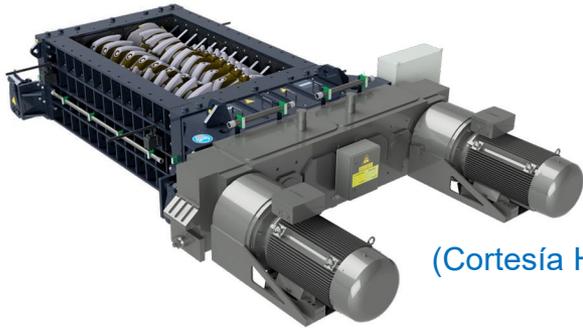
4. Equipos empleados en minería subterránea

Equipos de trituración de mineral



(Cortesía FLSmidth)

(Cortesía Komatsu - Joy)



(Cortesía Hazemag)



(Cortesía Metso - Outotec)

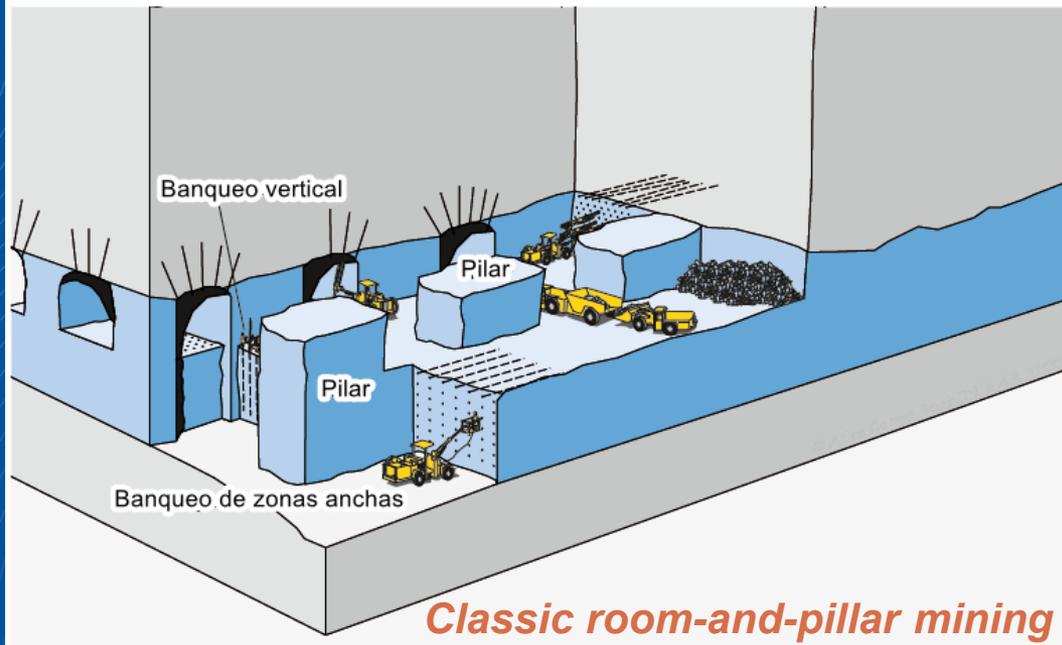


the challenges and targets will increase too

(Cortesía PT Freeport Indonesia)

5. Métodos de explotación subterráneos

Tajos con soporte natural. Minería por cámaras y pilares



(Cortesía Atlas Copco)

Depósitos horizontales o que no excedan los 30° de buzamiento.

La roca de techo debe ser suficientemente competente.

Potencias de la capa de mineral entre 3 y 20 metros.

Los equipos LHD condicionarán la potencia mínima.

El método de cámaras y pilares (*“room and pillar mining”*) se emplea en el aprovechamiento de depósitos de esquistos cupríferos, carbón, sales, potasas, caliza y dolomía.

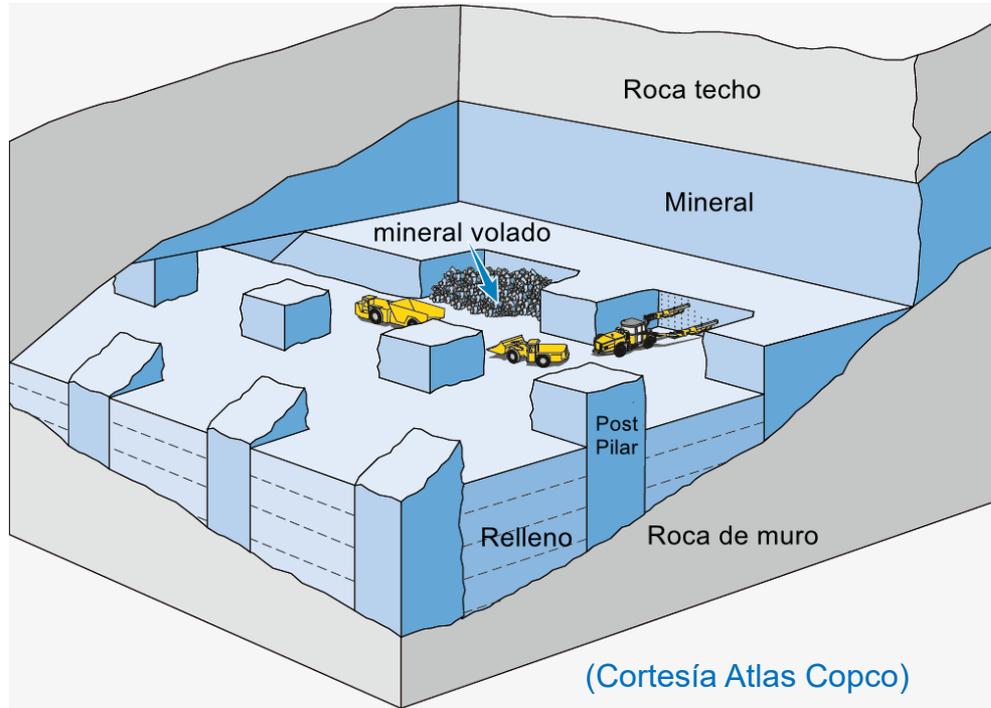
Los pilares podrán ser cuadrados, rectangulares o alargados, por lo general, el mineral de los pilares es no recuperable.

Para depósitos inclinados de mineral hay adaptaciones del método clásico, conocidos como *“Post room-and-pillar mining”* y *“Step room-and-pillar mining”*.



5. Métodos de explotación subterráneos

Tajos con soporte natural. Minería por cámaras y pilares



Post room-and-pillar mining



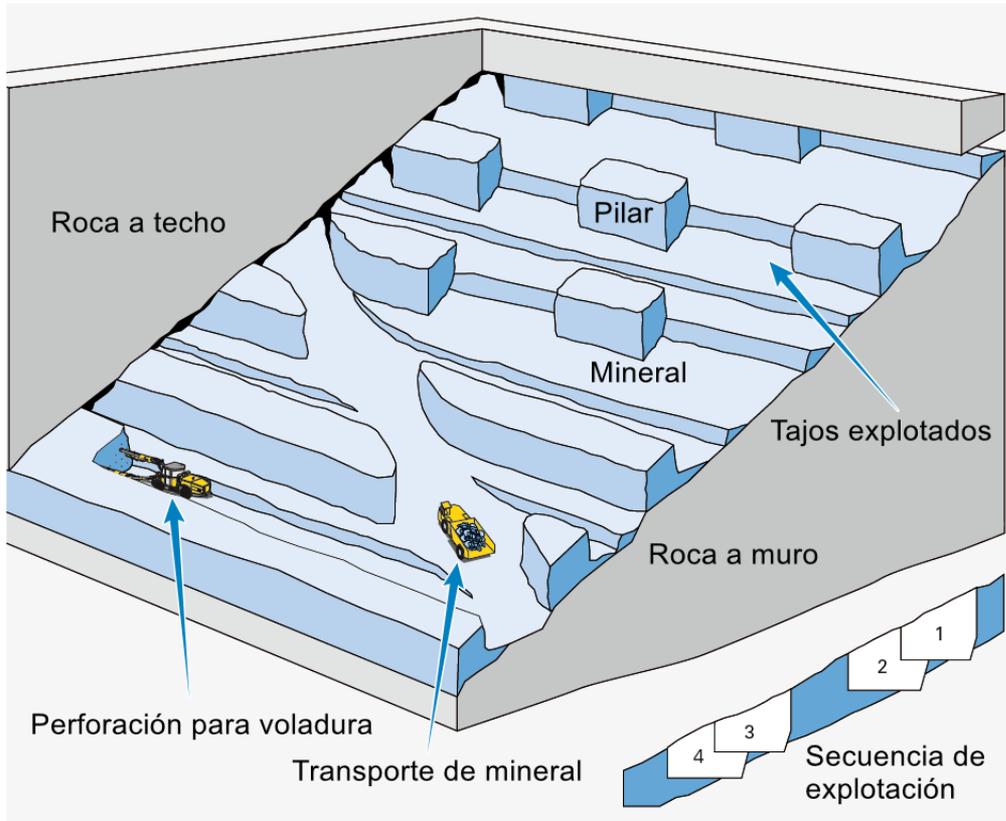
Se aplica a depósitos inclinados con ángulos de buzamiento entre 20° y 55° .

Estas minas tienen grandes alturas de cámara donde el espacio que es vaciado se rellena.

El relleno sirve para mejorar la estabilidad de la roca y como plataforma de trabajo para el siguiente nivel que se está explotando.

5. Métodos de explotación subterráneos

Tajos con soporte natural. Minería por cámaras y pilares



Step room-and-pillar mining



(Cortesía Atlas Copco)

Se aplica a depósitos inclinados con ángulos de buzamiento entre 15° y 30° y potencias entre 2 y 5 metros.

El desarrollo favorece el tránsito de vehículos a través de rutas paralelas que atraviesan el depósito hacia los tajos y transportar el mineral volado hasta el pozo de descarga.

5. Métodos de explotación subterráneos

Tajos con soporte natural. Minería por subniveles

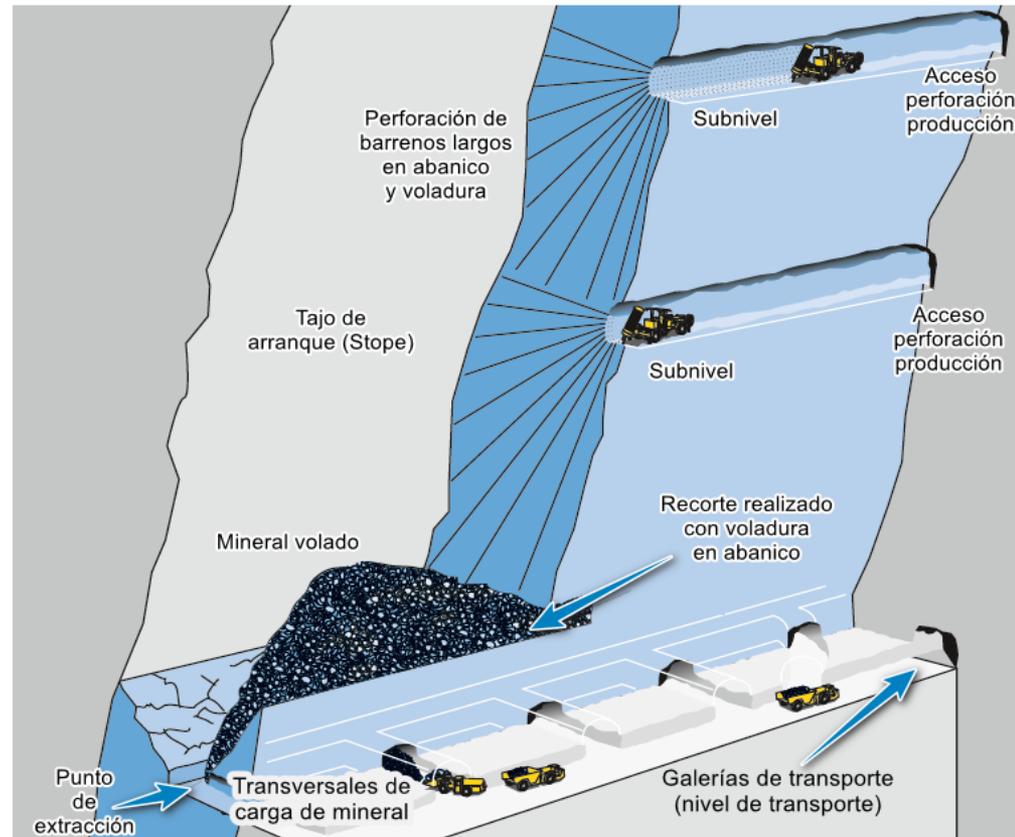
Depósitos minerales muy inclinados.

La pendiente de la roca de muro excede el ángulo de reposo.

Roca de techo y muro estable.

Mineral muy competente.

El mineral se divide en tajos de arranque entre los cuales se dejan secciones como pilares.



(Cortesía Atlas Copco)

Hoy en día la extracción de mineral (*"mucking"*) y carga se lleva a cabo por LHD por control remoto.

En grandes depósitos los módulos de mineral se desarrollan a lo largo del rumbo del depósito de mineral.

5. Métodos de explotación subterráneos

Tajos con soporte natural. Minería por subniveles

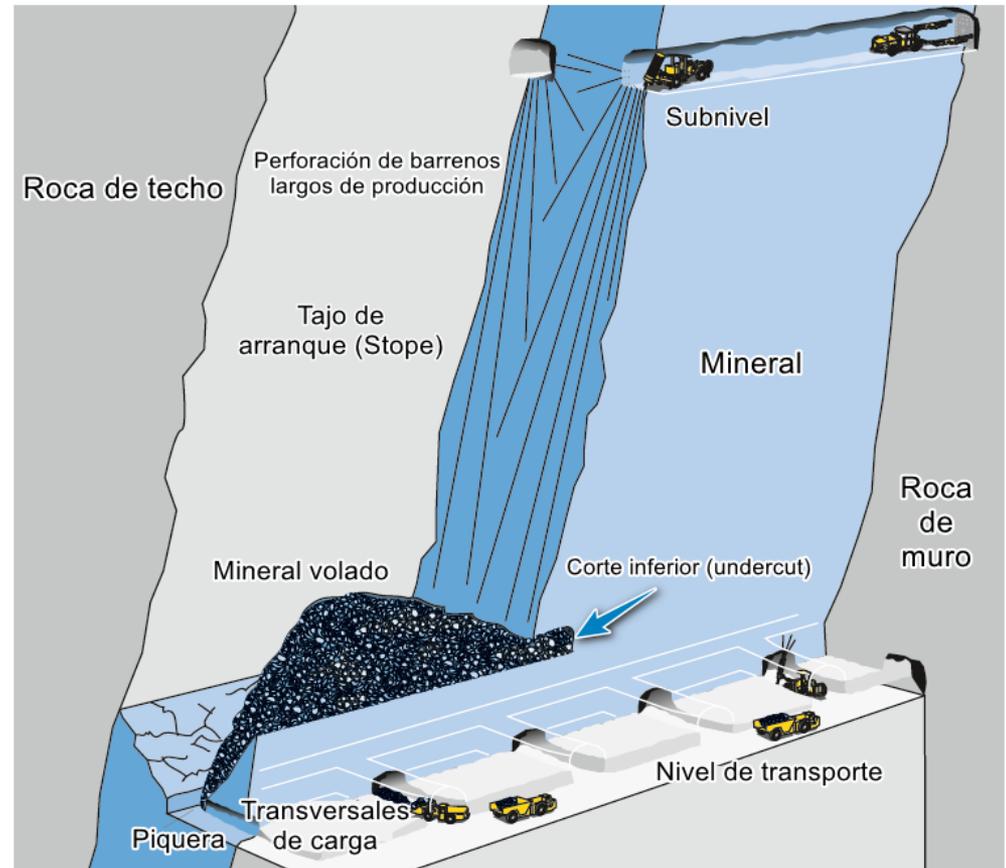
Depósitos minerales muy inclinados.

La pendiente de la roca de muro excede el ángulo de reposo.

Roca de techo y muro estable.

Mineral muy competente.

El mineral se divide en tajos de arranque entre los cuales se dejan secciones como pilares.



(Cortesía Atlas Copco)

Hoy en día la extracción de mineral (*"mucking"*) y carga se lleva a cabo por LHD por control remoto.

En grandes depósitos los módulos de mineral se desarrollan a lo largo del rumbo del depósito de mineral.

5. Métodos de explotación subterráneos

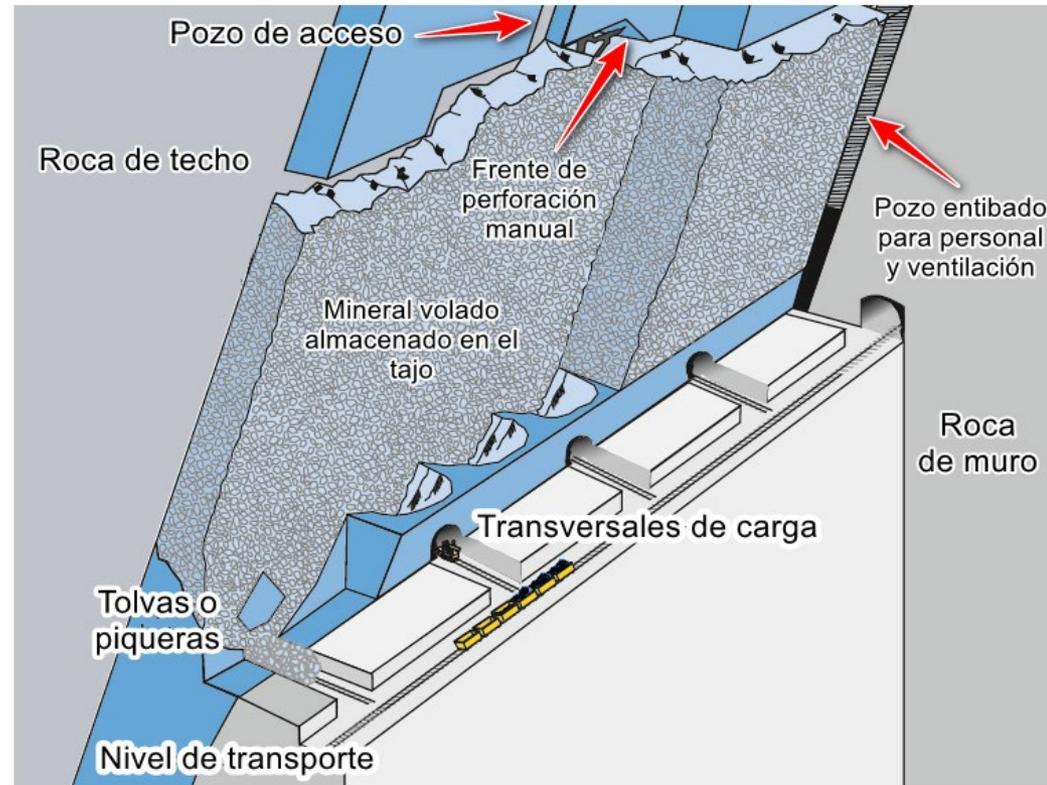
Tajos con empleo de relleno. Minería de cámara almacén (*Shrinkage stoping*)

Depósitos minerales muy inclinados.

Se comienza desde abajo hacia arriba (arranque ascendente).

El mineral se deja almacenado en el tajo (cámara almacén).

El mineral volado actúa de plataforma de trabajo y como soporte.



(Cortesía Atlas Copco)

Este método demanda un empleo intensivo de mano de obra.

Actualmente se emplea en operaciones mineras de pequeña escala.

Explotación de depósitos de mineral que no se alteren durante el almacenamiento.

5. Métodos de explotación subterráneos

Tajos con empleo de relleno. Minería

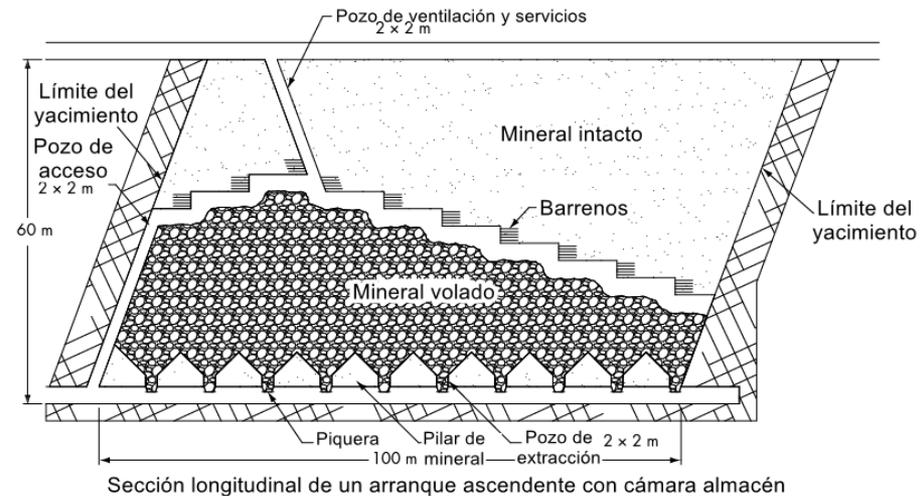
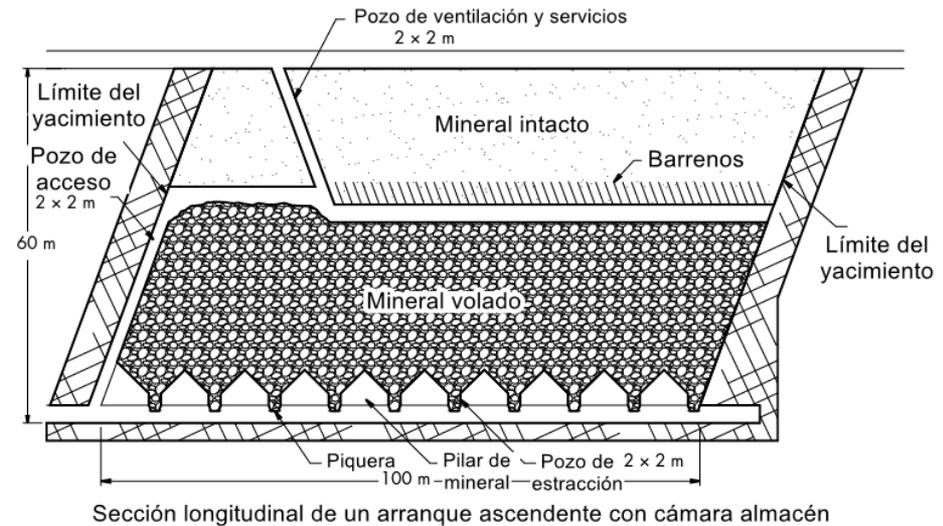
Depósitos minerales muy inclinados.

Se comienza desde abajo hacia arriba (arranque ascendente).

El mineral se deja almacenado en el tajo (cámara almacén).

El mineral volado actúa de plataforma de trabajo y como soporte.

Este método demanda un empleo intensivo de mano de obra.



(Fuente: SME Underground Mining Handbook (2023))

Actualmente se emplea en operaciones mineras de pequeña escala.

Explotación de depósitos de mineral que no se alteren durante el almacenamiento.



5. Métodos de explotación subterráneos

Tajos con empleo de relleno. Cráteres verticales en retirada (VCR)

Depósitos minerales muy inclinados.

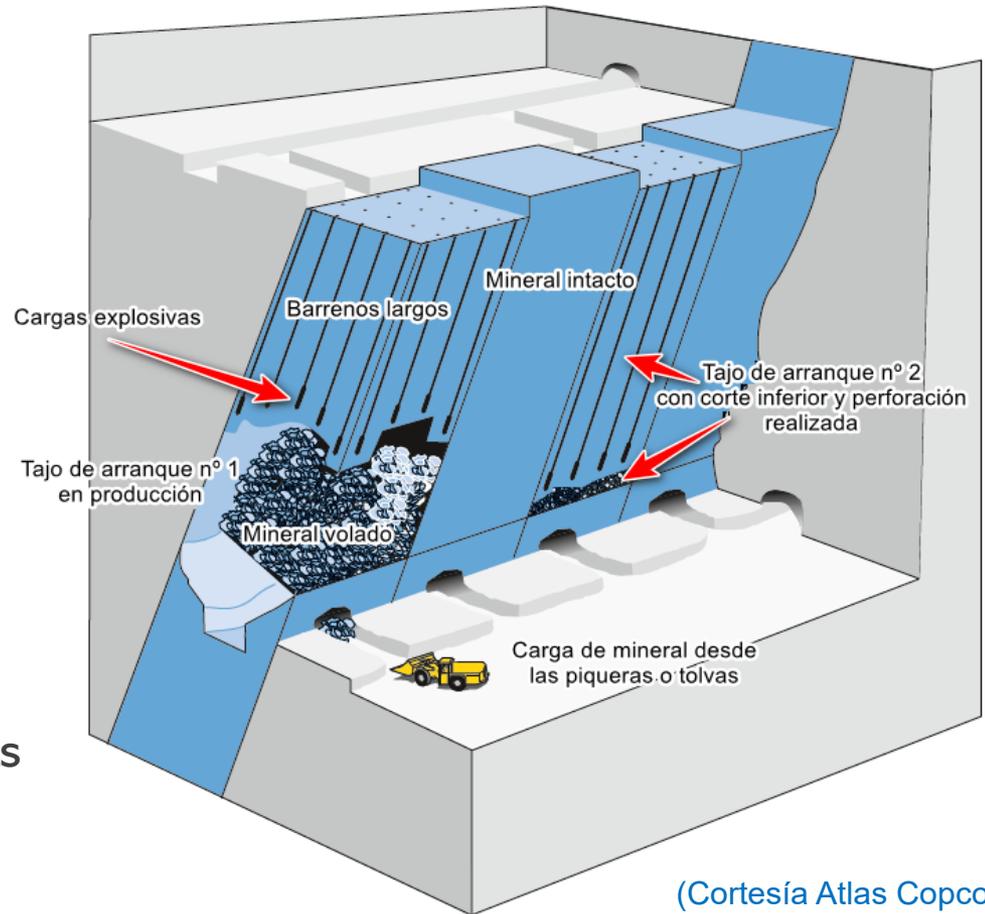
Roca de caja y mineral muy competentes.

Altamente mecanizado.

Empleo de cargas explosivas concentradas (esféricas).

Empleo de barrenos largos de gran diámetro (140 – 165 mm).

Una vez que el tajo de arranque se vacía, a continuación, se rellena con lechada de cemento.



(Cortesía Atlas Copco)



5. Métodos de explotación subterráneos

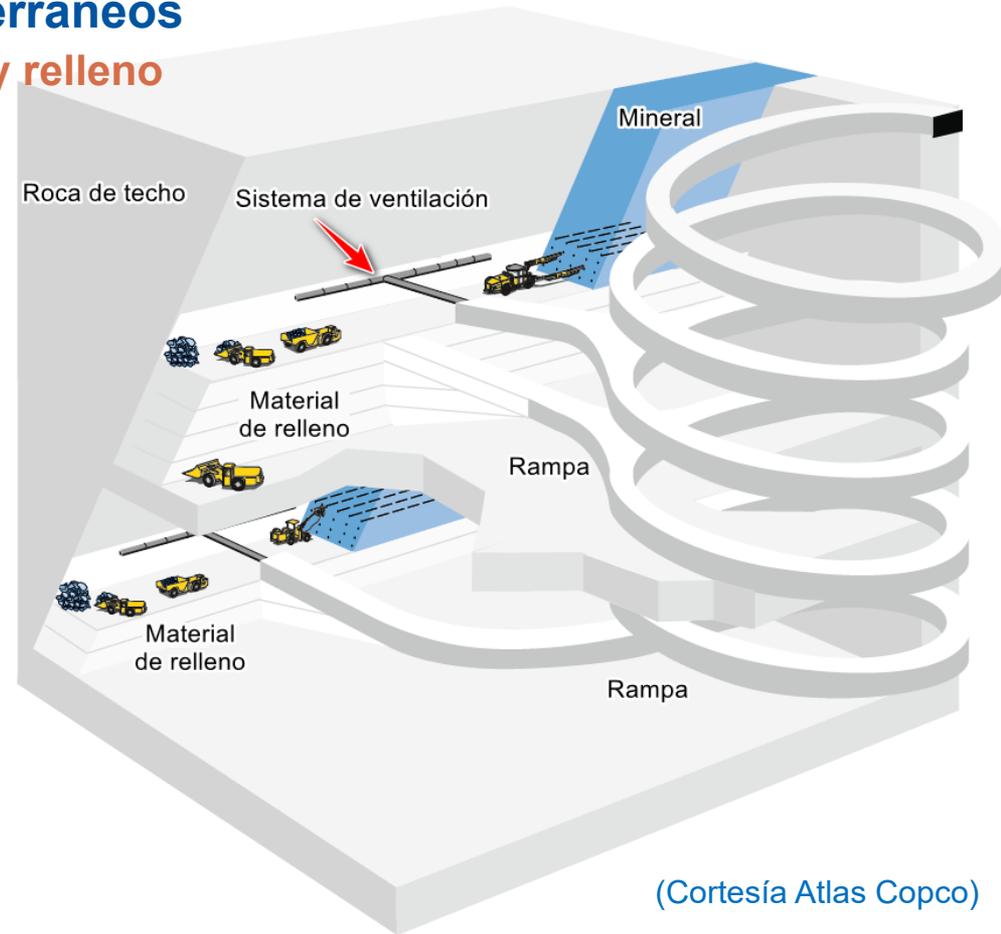
Tajos con empleo de relleno. Corte y relleno

Depósitos minerales muy inclinados e irregulares.

Roca con buena estabilidad.

Depósitos de alta ley.

Método muy selectivo.



(Cortesía Atlas Copco)

El relleno puede estar formado por estéril, residuos de flotación o mezclas preparadas y cementadas (sobre todo al final para mejorar el piso para la maquinaria).

Antes del relleno las entradas se bloquean y se instalan tubos de drenaje. El tajo se rellena casi completamente.



5. Métodos de explotación subterráneos

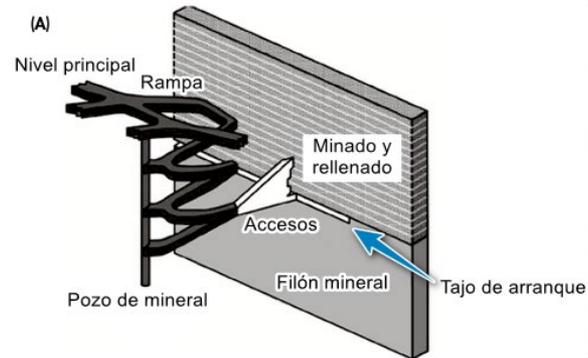
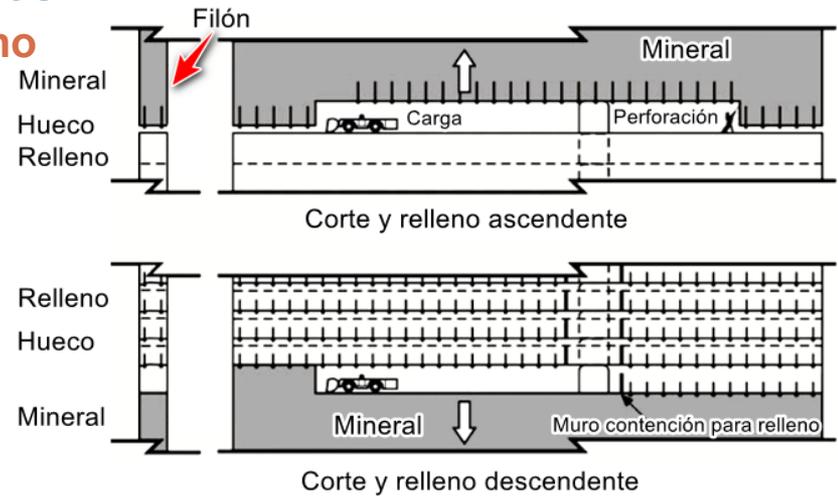
Tajos con empleo de relleno. Corte y relleno

Depósitos minerales muy inclinados e irregulares.

Roca con buena estabilidad.

Depósitos de alta ley.

Método muy selectivo.



(Fuente: SME Underground Mining Handbook (2023))

El relleno puede estar formado por estéril, residuos de flotación o mezclas preparadas y cementadas (sobre todo al final para mejorar el piso para la maquinaria).

Antes del relleno las entradas se bloquean y se instalan tubos de drenaje. El tajo se rellena casi completamente.

5. Métodos de explotación subterráneos

Métodos por hundimiento. Hundimiento por subniveles

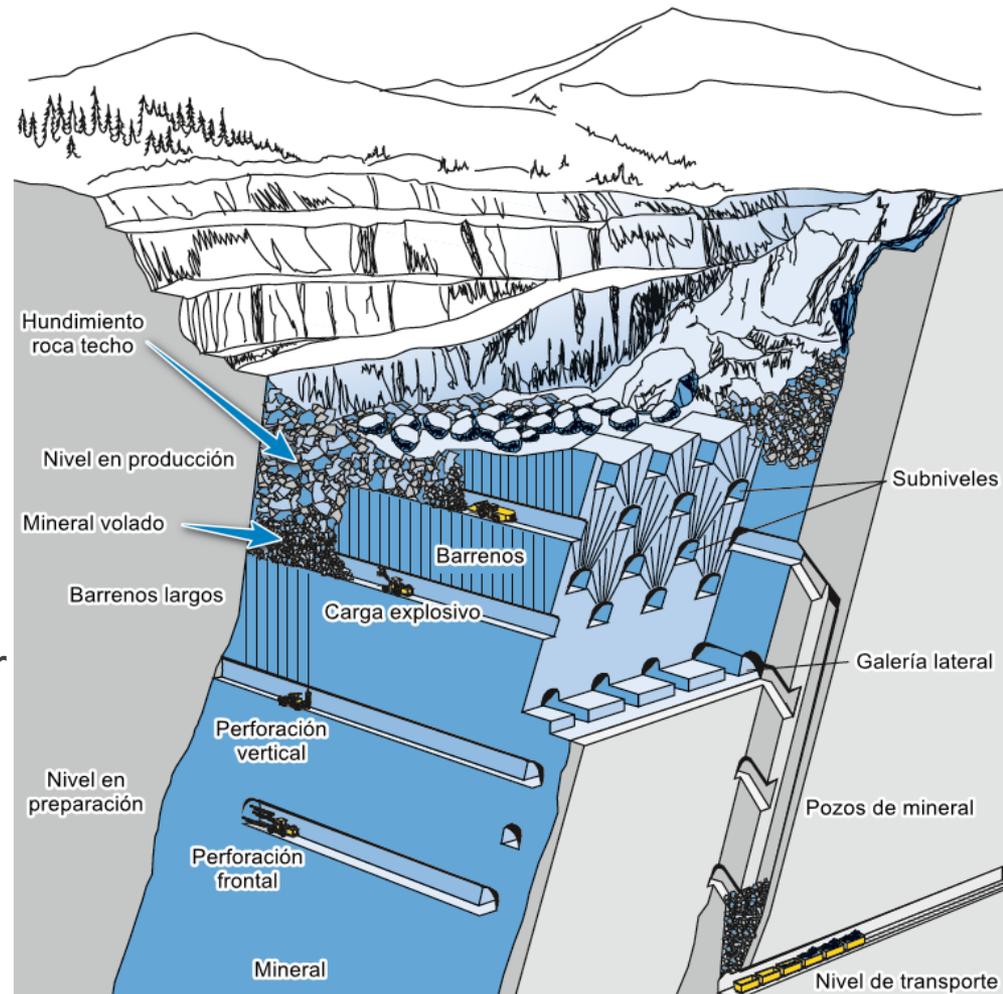
Depósitos verticales y grandes que progresan en profundidad.

Las galerías laterales a muro deben ser estables.

La roca de techo debe permitir fracturarse y colapsar.

El hundimiento debe ser controlado.

La potencia del yacimiento debe ser media alta (superior a 20 m).



(Cortesía Atlas Copco)

La extracción del mineral por LHDs continúa hasta que la dilución por roca volada alcanza el límite establecido.



5. Métodos de explotación subterráneos

Métodos por hundimiento. Hundimiento por subniveles

Depósitos verticales y grandes que progresan en profundidad.

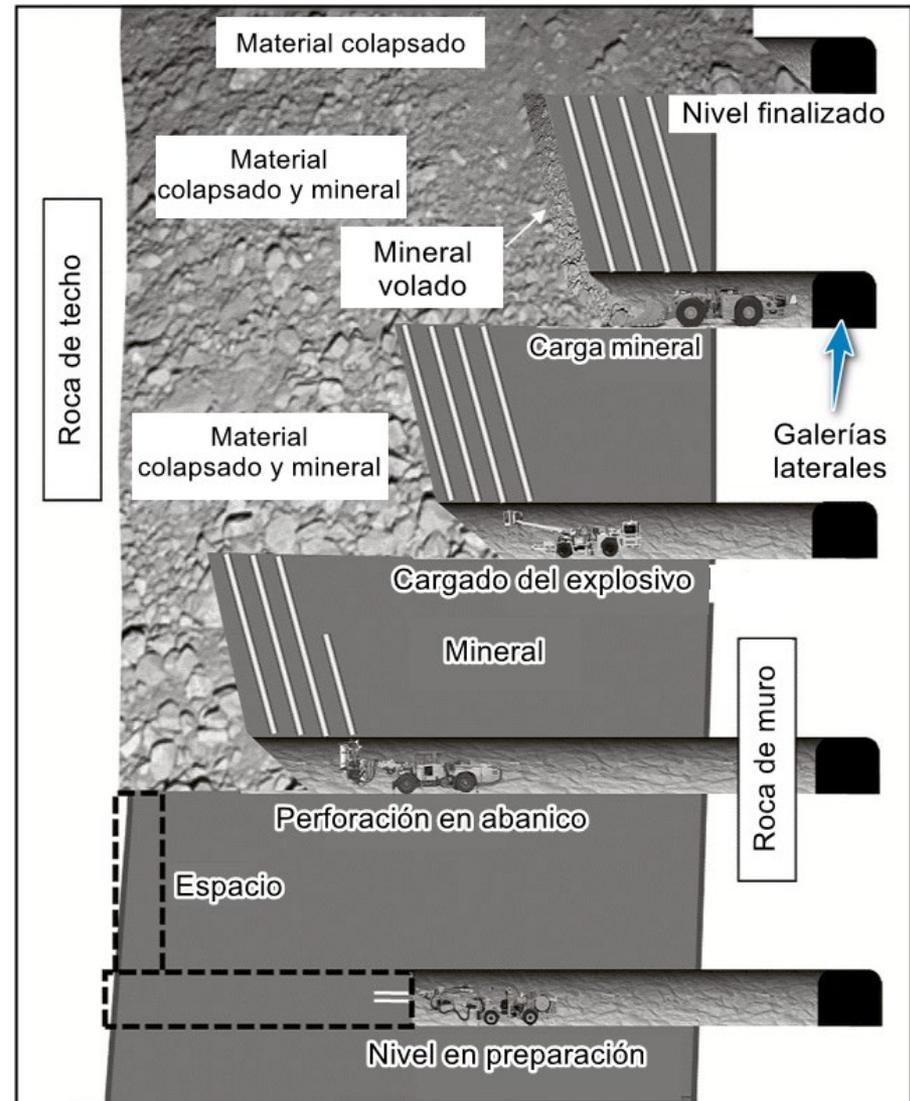
Las galerías laterales a muro deben ser estables.

La roca de techo debe permitir fracturarse y colapsar.

El hundimiento debe ser controlado.

La potencia del yacimiento debe ser media alta (superior a 20 m).

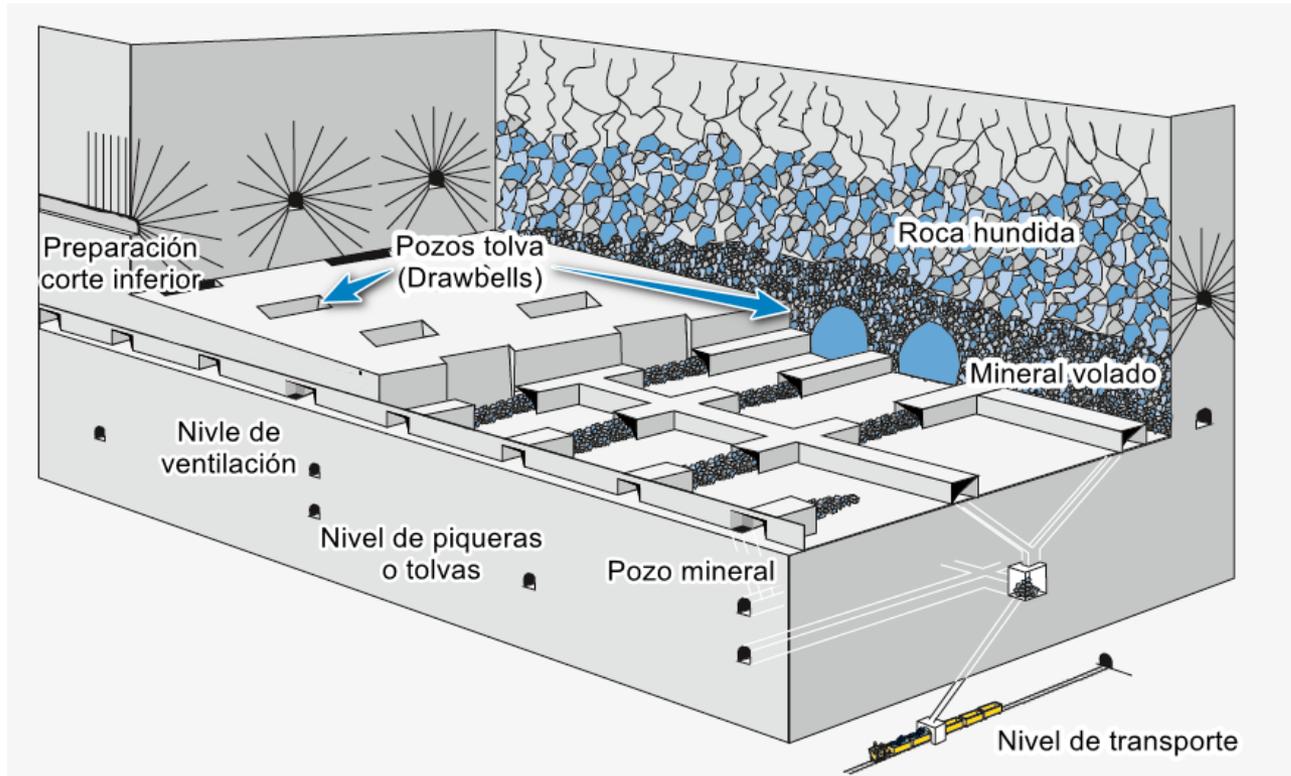
La extracción del mineral por LHDs continúa hasta que la dilución por roca volada alcanza el límite establecido.



Operaciones mineras en el método de hundimiento por subniveles
(Fuente: SME Underground Mining Handbook (2023))

5. Métodos de explotación subterráneos

Métodos por hundimiento. Hundimiento de bloques



(Cortesía Atlas Copco)

Es una explotación en retirada, desde un extremo al otro del yacimiento.

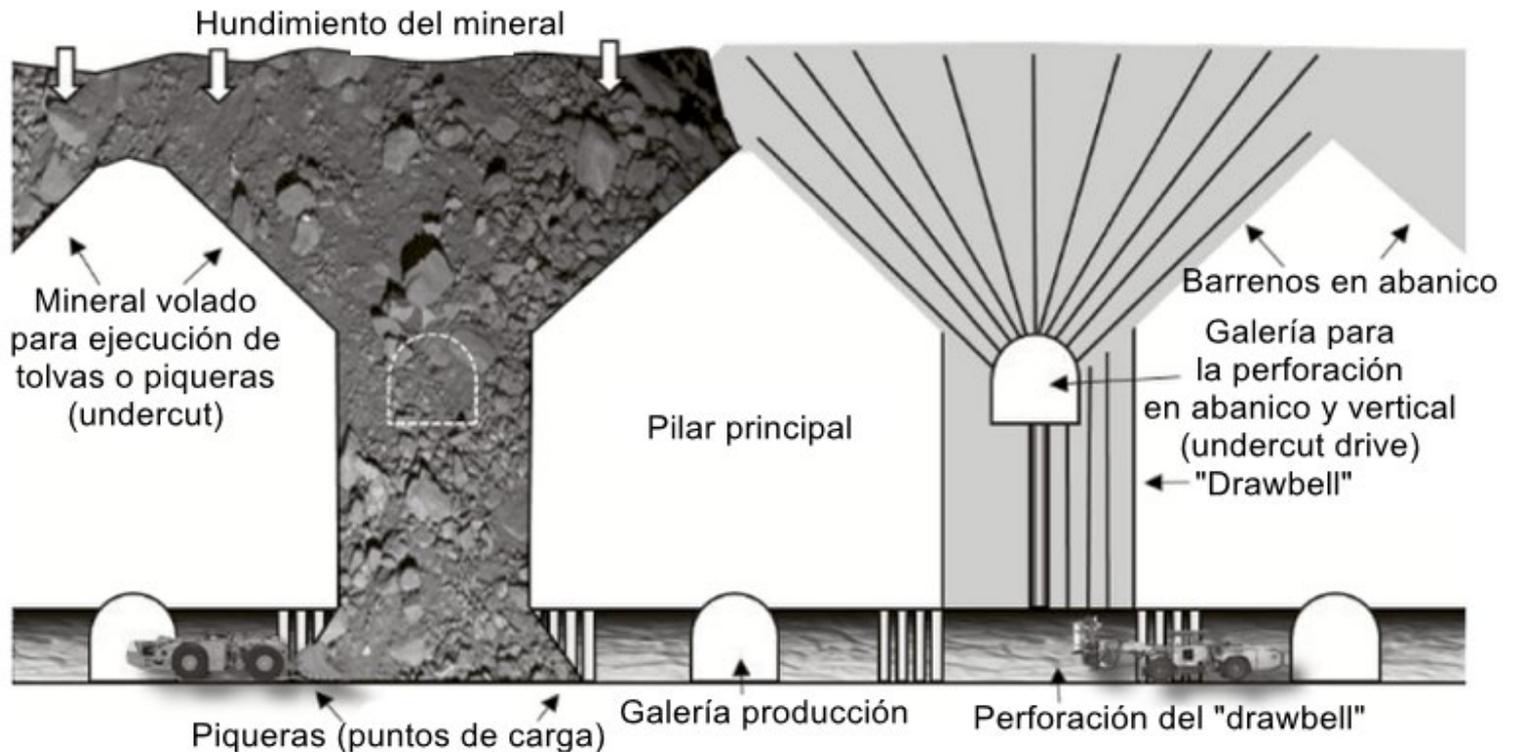
Se empleará en yacimiento masivos con un buzamiento superior al 50°.

Especialmente aplicable a yacimientos con baja ley.

Se crean pozos tolvas bajo el corte inferior para permitir el paso del mineral fragmentado.

5. Métodos de explotación subterráneos

Métodos por hundimiento. Hundimiento de bloques



(Fuente: SME Underground Mining Handbook (2023))

Es una explotación en retirada, desde un extremo al otro del yacimiento.

Se empleará en yacimiento masivos con un buzamiento superior al 50°.

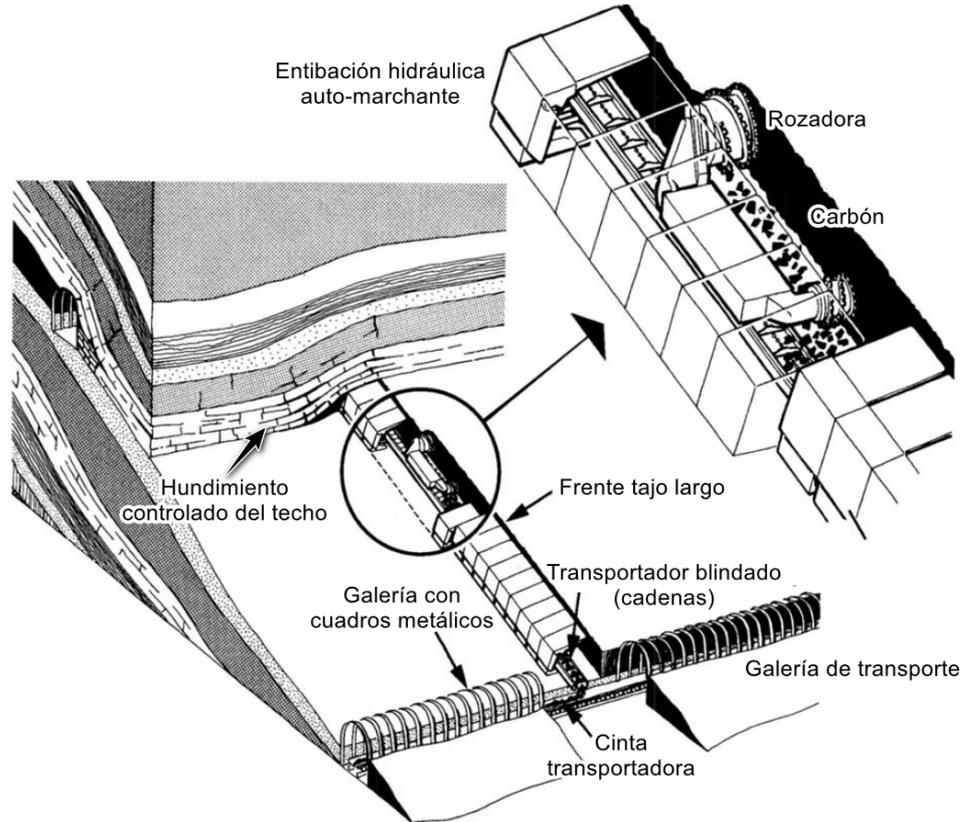
Especialmente aplicable a yacimientos con baja ley.

Se crean pozos tolvas bajo el corte inferior para permitir el paso del mineral fragmentado.

5. Métodos de explotación subterráneos

Métodos por hundimiento. Tajo largo en minería de carbón

(Fuente: Shutterstock)



(Fuente: Gertsch and Bullock, *Techniques in Underground Mining* (1998))

Es una variante del método de hundimiento aplicado a yacimientos de carbón.

Conocido como método de *sutirage* en capas de gran espesor.

En capas horizontales y de poco espesor se le conoce como método de tajo largo.

Referencias para consulta:

