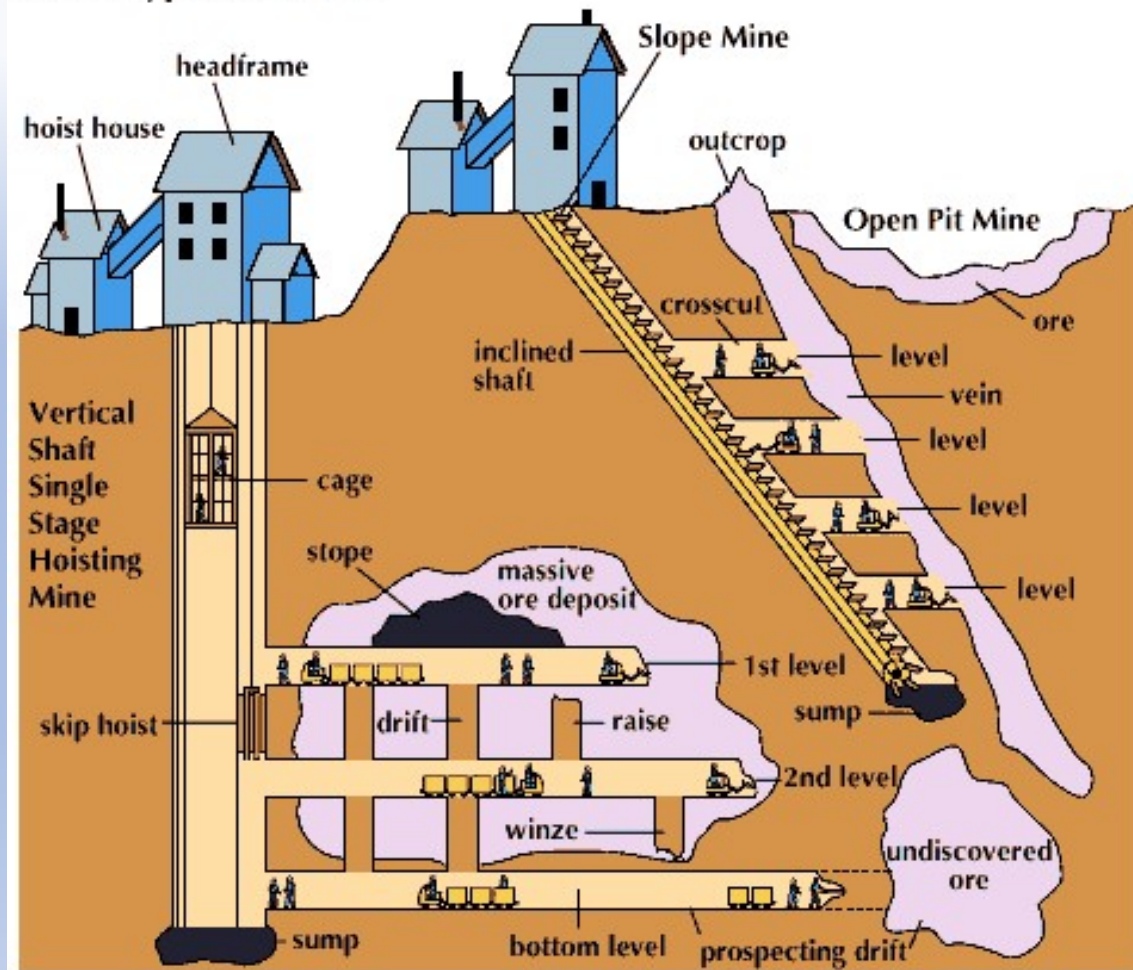


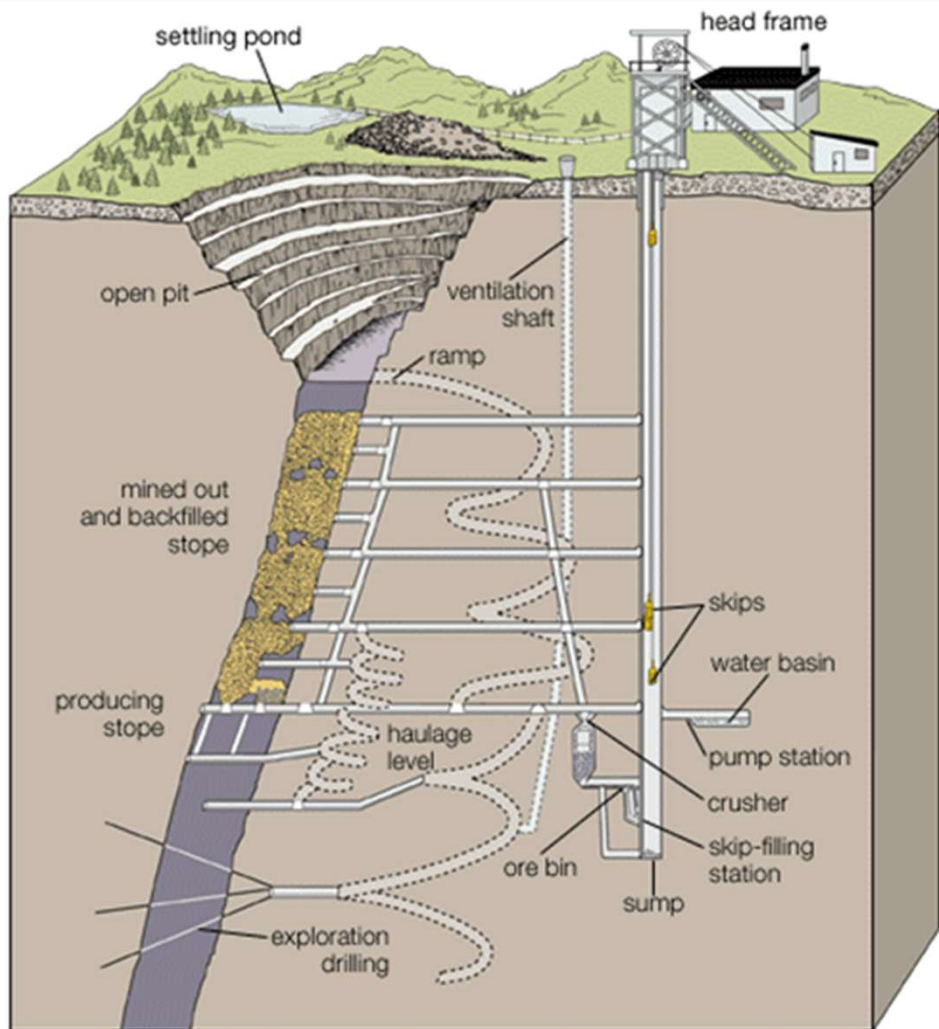
Métodos de Exploração Subterrânea

Underground Exploitation Methods

Departamento de Geociências
Universidade de Évora

Some Types of Mines





Source: H. Hamrin, *Guide to Underground Mining Methods and Applications* (Stockholm: Atlas Copco, 1997)

Some Terminology

Adit / Entrada – Mine entrance, usually horizontal or sub-horizontal / Entrada da mina, normalmente horizontal ou sub-horizontal.

Back; Hanging Wall / Tecto – Rock mass that is above an underground exploration to the surface or rock that is located above the ore / Maciço que está por cima de uma exploração subterrânea até à superfície ou rocha que se localiza por cima do minério.

Barren; Waste; Tailings / Sterile – Rock with no economic value / Estéril – Rocha sem valor económico.

Bin / Silo – Deposit for temporary material stock / Depósito para stock temporário de material.

Blasting Round – Desmonte a fogo; **Round** – Pega de fogo.

Branch Raise – Discharge chimney / Chaminé de descarga.

Chute; Orepass / Chaminé de Descarga – Vertical or inclined chimney for draining ore from a higher level to a lower level, using gravity / Chaminé vertical ou inclinada para escoamento de minério de um nível superior para um nível inferior, utilizando a gravidade.

Country Rock / Rocha Encaixante – Rock that surrounds the mineralized formation / Rocha que envolve a formação mineralizada.

Crosscut / Travessa– Horizontal or sub-horizontal drift open from main drift to intersect ore / Galerias horizontais ou sub-horizontais abertas a partir de galerias principais, para intersectar o minério.

Crude Ore (Tout-venant) / Minério Bruto – Minério tal e qual.

Cut-off Grade – Limit of exploitability / Teor limite de explorabilidade.

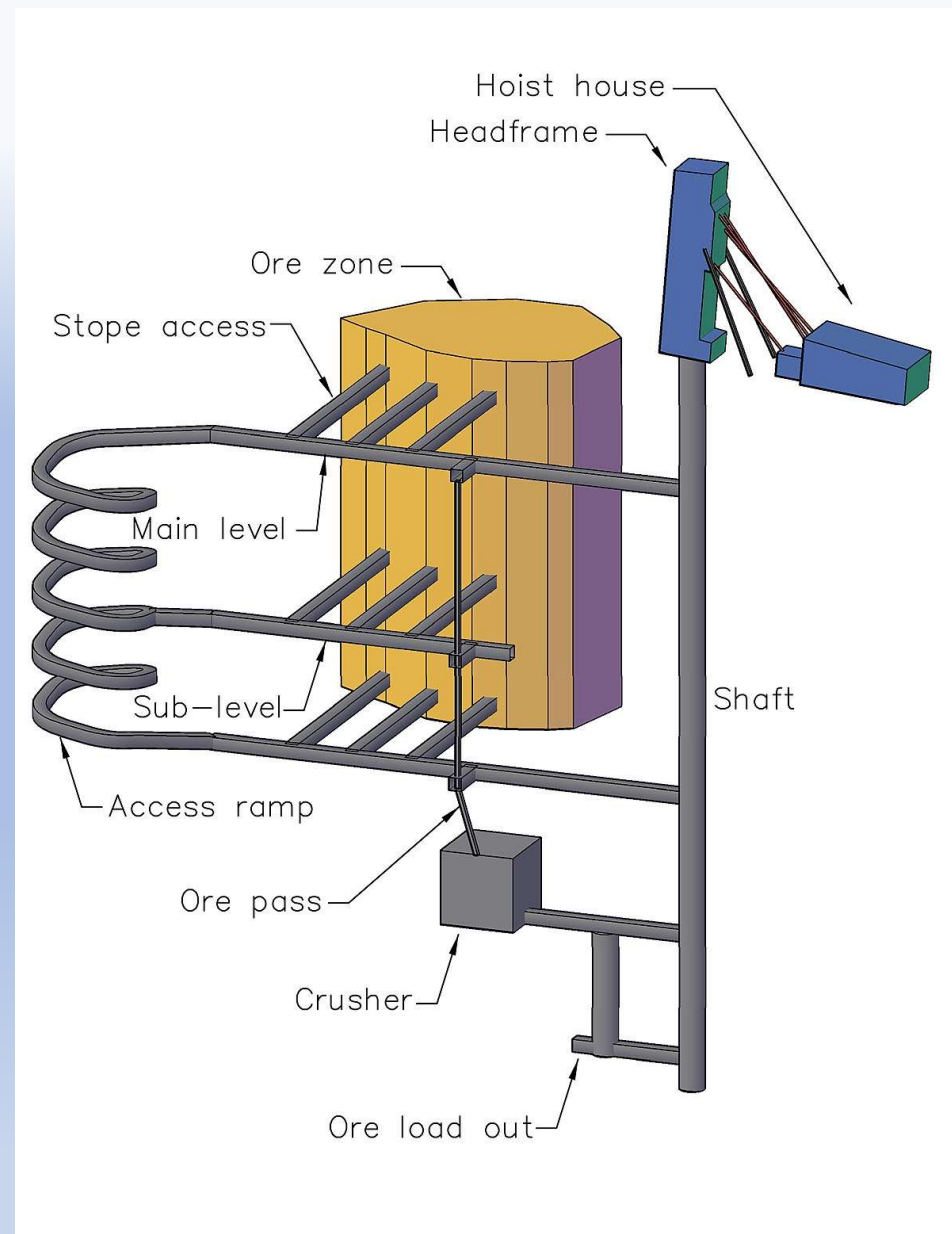
Depth – Profundidade.

Development / Preparação do Jazigo – Preparatory works for the beginning of ore exploitation / Trabalhos preparatórios para o início da exploração de um jazigo.

Drainage – Esgoto.

Drawpoint / Ponto de Descarga – It is the lower part of a discharge shaft where material is loaded / É a parte inferior de um poço de descarga onde o material é carregado.

Drift – Galeria no jazigo.



Exploitation / Exploração – Valuation phase of a deposit, in which the ore is removed from the interior of the host country and removed / Fase de valorização de um jazigo, no qual o minério é retirado do interior do encaixante e removido.

Exploration / Pesquisa – Prospecting and reconnaissance studies of a deposit / Estudos de prospecção e reconhecimento de um jazigo.

Extraction / Extração – Method of extracting ore / Método de extrair minério.

Finger Raise – Chaminé de recepção

Firedamp / Grisú – Highly flammable gaseous mixture of methane and air found in coal mines / Mistura gasosa altamente inflamável, composta por metano e ar, existente nas minas de carvão.

Footwal; Foot; Floor / Muro – Rock that is located under the ore / Rocha que se localiza por baixo do minério.

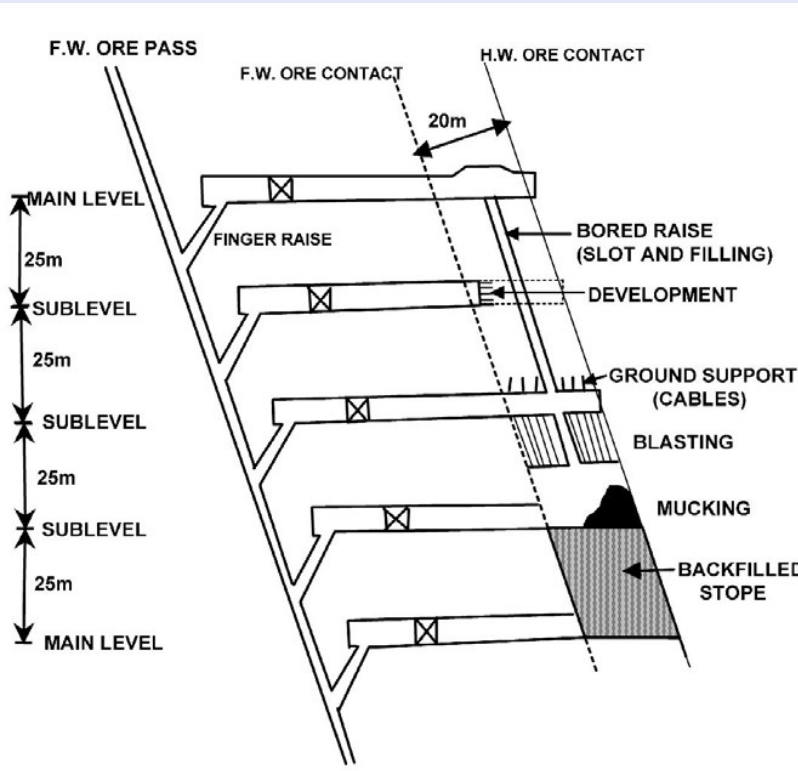
Fring Drift – Galeria lateral.

Haulage – Transporte; **Haulage Level** – Galeria de transporte.

Level / Nível – The level is a horizontal drift that connects to the mineshaft / O nível é uma galeria horizontal que liga ao poço da mina.

Manway – Well for access and miners circulation
Poço para acesso e circulação de pessoal.

Main Face; Stope - Frente de mina
Main Level – Galeria de rolagem
Massive Ore Deposit; Ore Block – Maciço mineralizado.



Open Pit – Escavação a céu aberto.

Ore / Minério – Depósito mineral com valor económico.

Ore Recovered – Minério desmontado

Output / Produção – Quantidade de material extraído.

Ramp / Rampa – **Underground, inclined pathway that connects the different levels or production areas** / Via subterrânea, inclinada que liga os diferentes níveis ou áreas de produção.

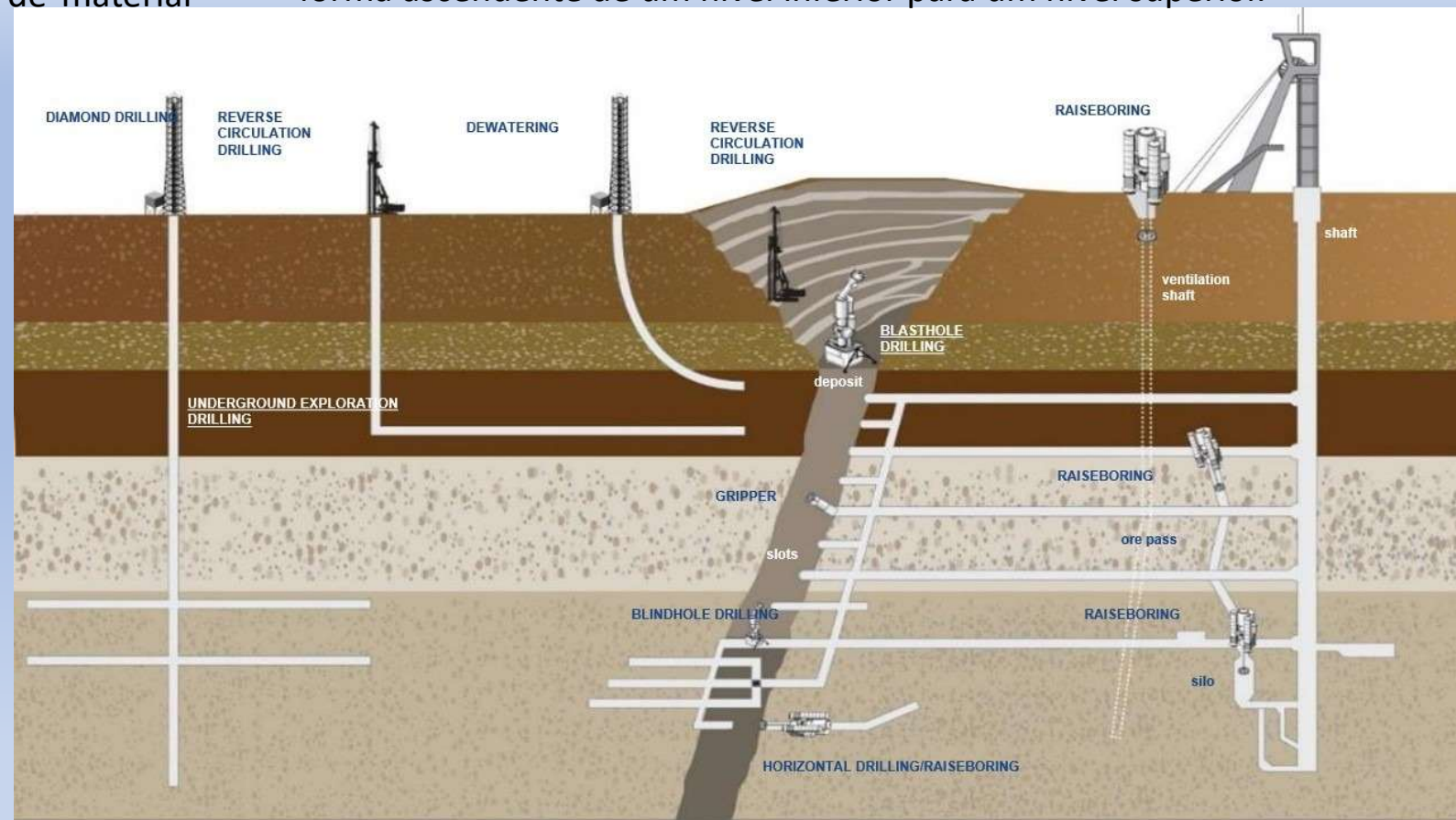
Round / Pega de Fogo – **Dismantle using explosives** / Desmonte com auxílio de explosivos.

Shaft / Poço Principal – **Vertical or inclined opening from which the mine develops** / Abertura vertical ou inclinada a partir da qual a mina se desenvolve.

Side Wall – Hasteal

Packwall – **Artificial mass of protection** / Maciço artificial de protecção.

Raise – **Vertical or inclined opening performed upwards from a lower level to a higher level** / Abertura vertical ou inclinada realizada de forma ascendente de um nível inferior para um nível superior.



Sill / Soleira – **Base of adrift** / Base de uma galeria.

Slice – Corte

Slope – Declive, talude.

Slot – **Vertical or sloped section, excavated for future step blasting** /
Secção vertical ou inclinada, escavada para futuro desmonte
com explosivos.

Spoil – **Landfill, rubble** / Aterro, entulho.

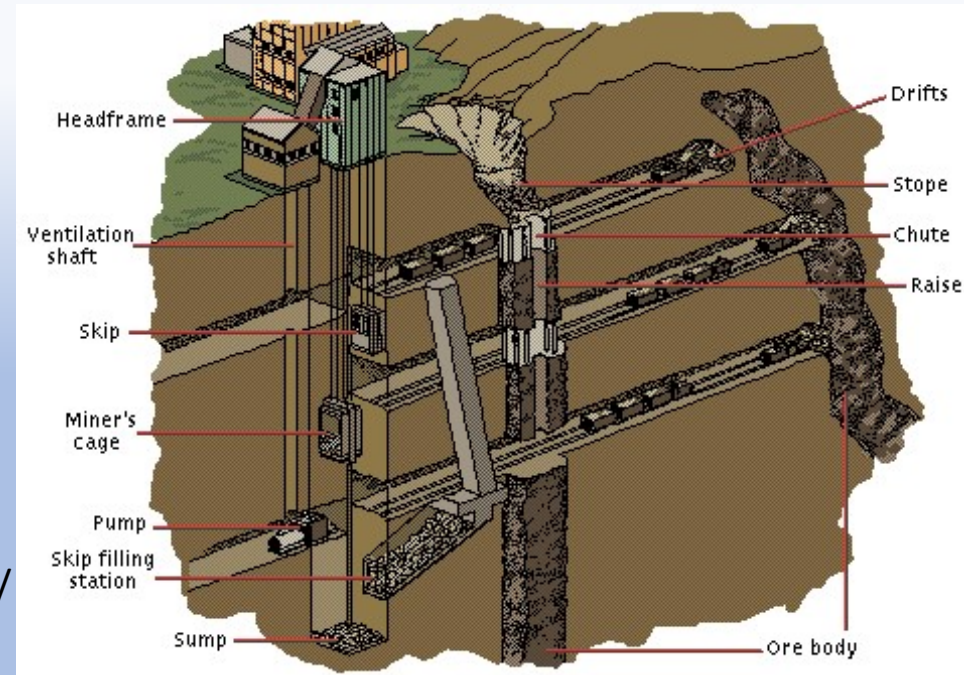
Stemming / Atacamento – **Closure of boreholes loaded with explosives** /
Encerramento com estéril de furos carregados com explosivos.

Stope – Desmonte, marca, frente; **Stoping Area** – Área de desmonte.

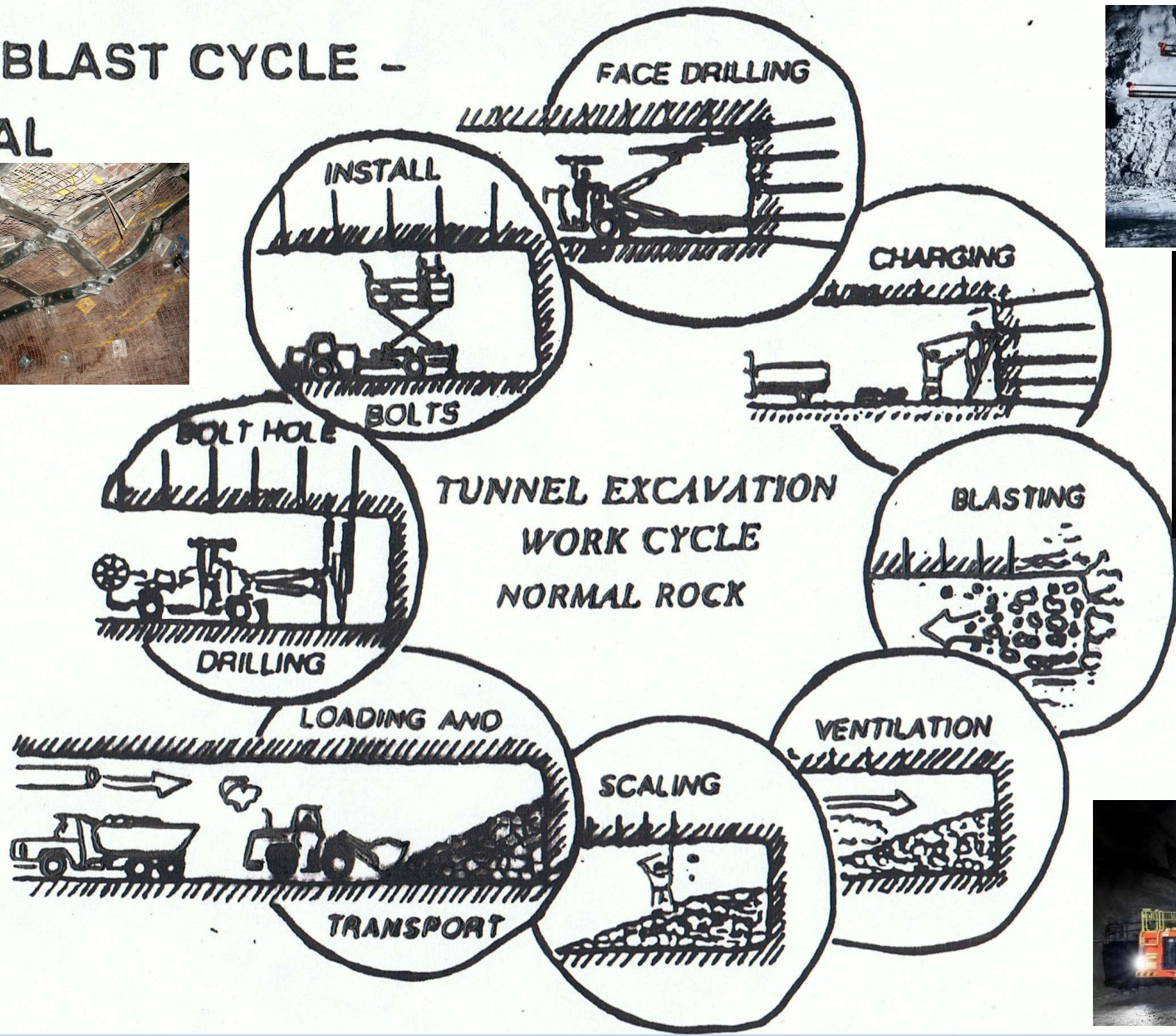
Sublevel / Entre Pisos – **They are secondary levels, between the main levels, particularly developed in step dismantling methods** / São níveis secundários, entre os níveis principais, particularmente desenvolvidos nos métodos de desmonte por degraus.

Sump / Albraca – Collector well or channel through which water flows / Poço colector ou canal por onde escorre a água.

Thickness – Possança.



DRILL BLAST CYCLE - TYPICAL



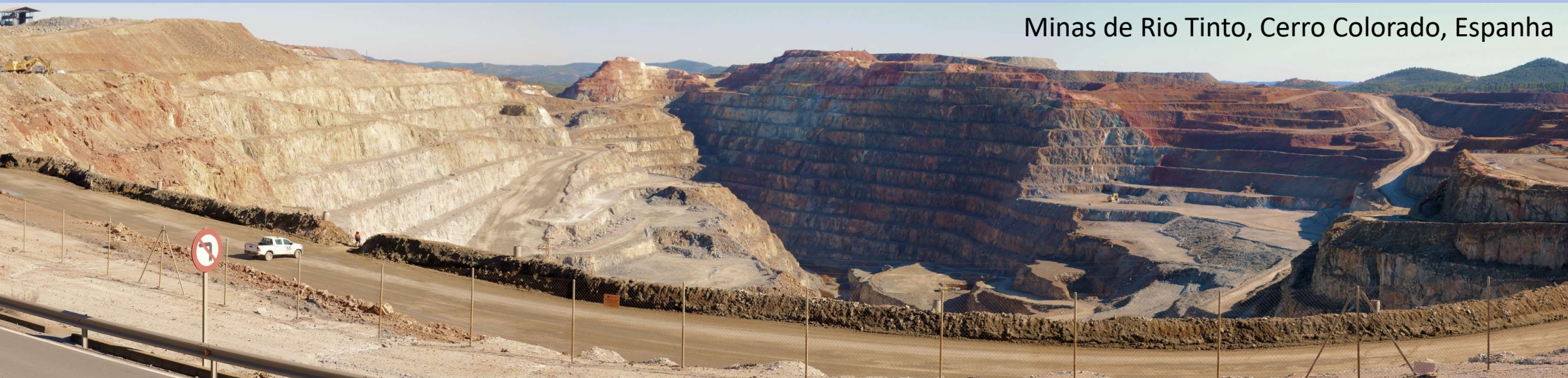
Vantagens de uma mina a céu aberto:

- alta produtividade;
- maior concentração de operações;
- saída fácil;
- baixo capital e de custos de operação por tonelagem minada;
- maior conhecimento geológico;
- menor limitação no que diz respeito às dimensões das máquinas e seu peso;
- melhor aproveitamento do material e da matéria-prima (recuperação);
- maior facilidade no planeamento e na engenharia ligada à exploração;
- maior segurança.

Open Pit Mining

Advantages of an open pit mine:

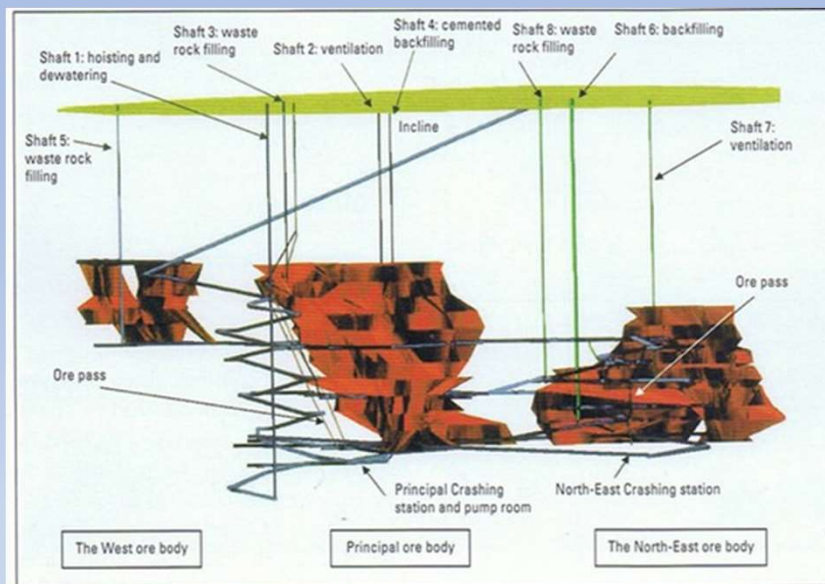
- high productivity;
- greater concentration of operations;
- easy way out;
- low capital and operating costs per mined tonnage;
- greater geological knowledge;
- less limitation with regard to the dimensions of the machines and their weight;
- better yield of material and raw material (recovery);
- easier planning and engineering related to exploitation;
- greater security.



Minas de Rio Tinto, Cerro Colorado, Espanha

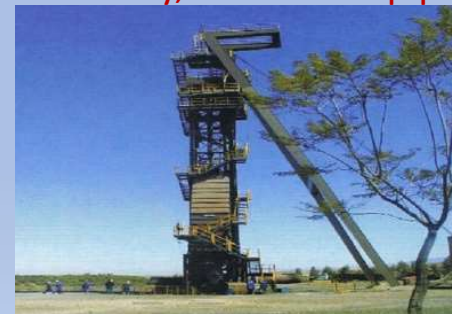
Principais características da exploração em profundidade:

- deixa de ter o céu aberto à cabeça;
- acesso por um poço da mina ou rampas de acesso (é a partir daqui que a mina se desenvolve);
- normalmente existe um segundo poço, afastado do primeiro que, tem como principal função a ventilação – poço de ventilação;
- do poço da mina partem as galerias que dividem o jazigo em pisos ou níveis;
- as galerias unem-se em travessas (horizontais) ou inclinados;
- a galeria de rolagem ou principal é a que liga os diferentes sectores da mina ao poço de extracção, sendo por onde se faz o transporte de todo o material, corrente eléctrica, tubos de ventilação, esgotos, etc.



Mains features of deep exploitation:

- exploitation developed underground;
- access via a mine shaft or access ramps (this is where the mine develops);
- normally there is a second well, away from the first one (shaft), which has ventilation as its main function – ventilation shaft;
- the drifts depart from the mine shaft, that divide the ore body into levels;
- the drifts are united in horizontal or inclined crosscut;
- the main drift is the one that connects the different sectors of the mine to the extraction shaft, through which all material, electricity, ventilation pipes, sewage, etc.



Source: Atlas Copco, Underground Mining Methods, Case Studies. Fig. 2 - Hajjar mine, Morocco and extraction shaft. Note: 35 km southwest of Marrakech. The ore contains 7.2% Zn, 2% Pb, 0.6% Cu and 45 g/t Ag, in a total of 15 Mt of reserves.

Factores económicos que afectam a escolha do método / Economic factors that affect the choice of method:

- espessura da cobertura do jazigo;
 - tamanho do jazigo;
 - custos relativos a céu aberto e subterrâneo;
 - diluição dos teores e desperdício do mineral em ambos os casos;
 - custos de desenvolvimento;
 - clima;
 - topografia;
 - continuidade das operações do projecto;
 - eficácia da mão de obra;
 - capital disponível.
- thickness of the mineralized body cover;
 - size of the ore body;
 - costs related to open pit and underground;
 - dilution of mineral content and waste in both cases;
 - - development costs;
 - climate;
 - topography;
 - continuity of project operations;
 - effectiveness of the workforce;
 - available capital.

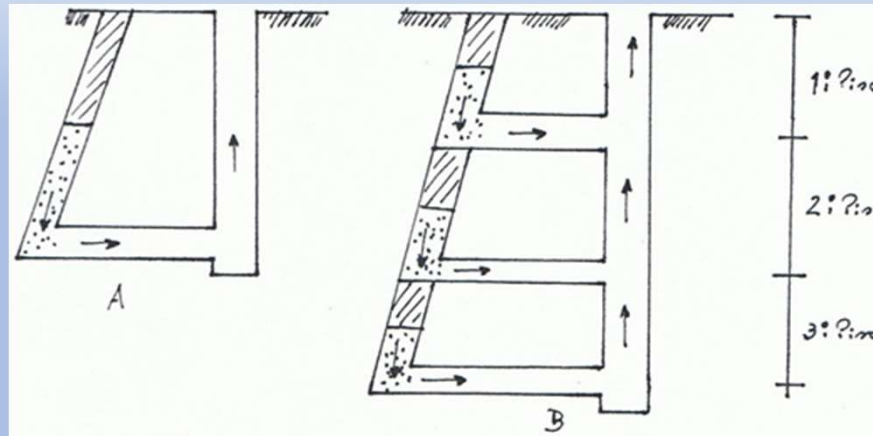


Fases de uma Exploração Subterrânea:

- Preparação;
- Traçagem;
- Exploração propriamente dita;
- Reconhecimento de segunda ordem.

Finalidades da Preparação:

- Ligação contínua do jazigo à superfície;
- Planeamento para a ventilação principal;
- Divisão vertical em pisos (cálculo da sua altura e sequência de exploração);
- Divisão em horizontal em secções;
- Abertura de vias de acesso e galerias de rolagem, poços, furos destinados à circulação de minério, transporte de produtos, ventilação primária e esgotos



Phases of an Underground Exploitation:

- Preparation;
- Development;
- Exploitation itself;
- Second order reconnaissance.

Purposes of Preparation:

- Continuous connection of the deposit to the surface;
- Planning for main ventilation;
- Vertical division into levels (calculation of its height and exploitation sequence);
- Horizontal division into sections;
- Opening access roads and main galleries, shafts, fingers raise (ore vertical circulation), transport of products, primary ventilation and sewage.

Mine Lisheen, Ireland. Emergency cage mounted in a ventilation shaft.

Note: Production of 1.5 – 1.6 Mt / year of ore, with 11% – 12% Zn and 1% – 2% Pg.

Source: Atlas Copco, Underground Mining Methods, Case Studies.

Um detalhe importante! / An important detail!

O custo do transporte deve ser reduzido ao máximo, traduzido matematicamente por:

The cost of transport must be reduced to the maximum, translated mathematically by:

$$\sum Q_L d_L E_L = \sum Q_R d_R E_R$$

Q – quantidade de material por painel / amount of material per panel;

d – distância de transporte / transportation distance;

T – método de transporte / method of transport;

R – relação da produção por turno, por dia / ratio of production per shift, per day;

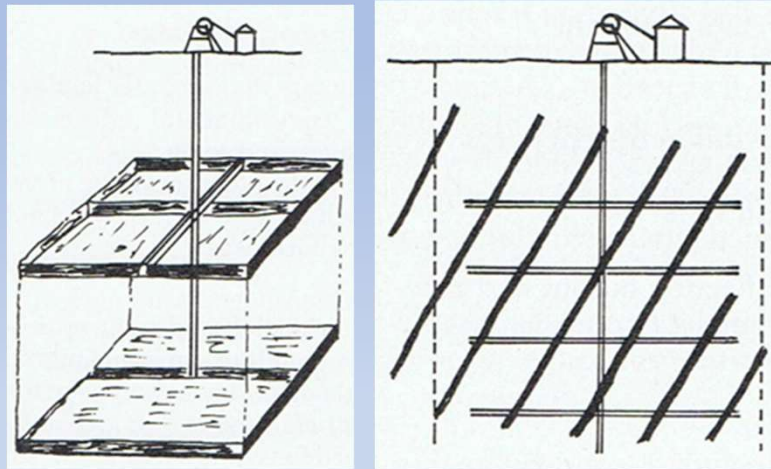
L – custos de produção / production costs;

C – mudanças de tecnologia / technology changes;

G – variação geológica que pode afectar a produção e o controlo dos tectos / geological variation that may affect the production and control of ceilings.

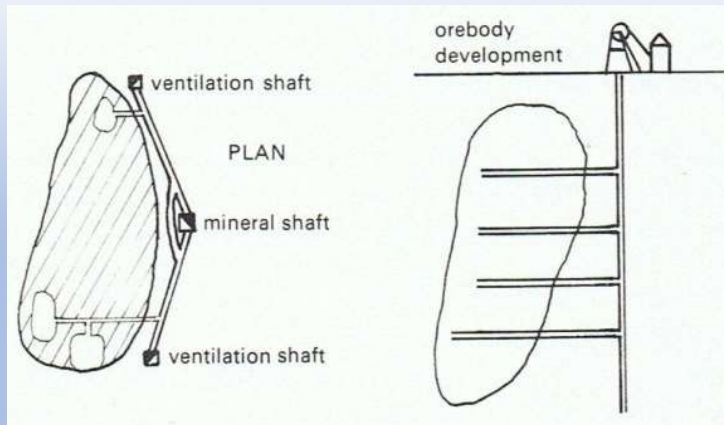
$$E = (T, R, L, C, G, \text{ etc})$$

Posicionamento do poço de extracção no centro de blocos de exploração de carvão ou no centro gravítico de depósitos inclinados, com a mesma inclinação, pode ser uma solução económica reduzindo os custos de transporte.

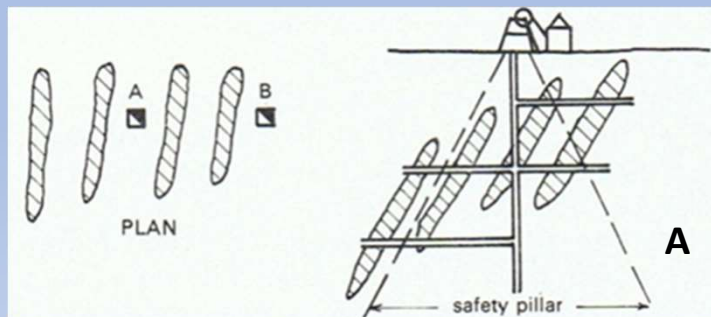
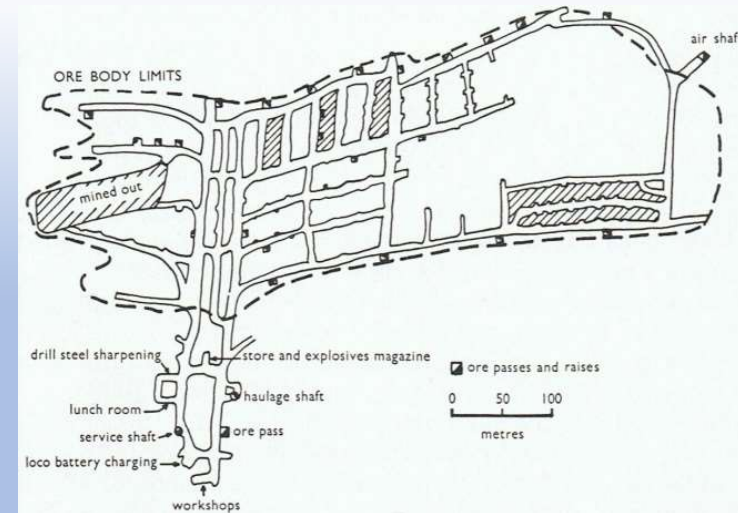


Positioning the extraction shaft in the center of coal exploration blocks or in the center of gravity of inclined deposits, with the same slope, can be an economical solution reducing transport costs.

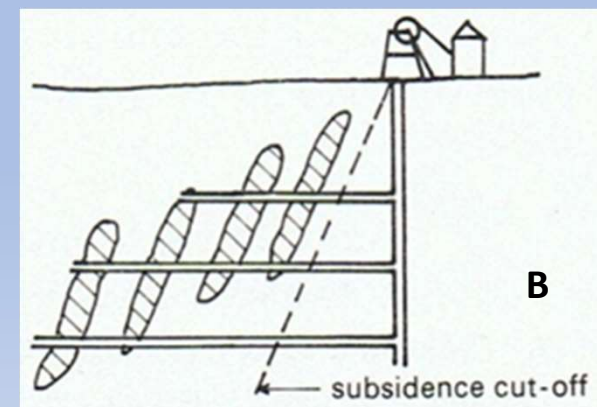
Posicionamento do poço de extracção em relação a um “ore body” e planta de um nível de exploração.



Positioning of the extraction shaft in relation to an “ore body” and plan of an exploitation level.



Apesar de no exemplo A o maciço estéril formar uma espécie de pilar de segurança contra subsidências, é mais comum a colocação do poço como no exemplo B.



Although in example A the sterile mass forms a kind of safety pillar against subsidence, it is more common to place the well as in example B.

Traçagem do Jazigo

Preparado o jazigo, parte-se para a subdivisão das secções em prismas, maciços ou painéis de dimensões adequadas para o desmonte.

Finalidades da Traçagem:

- a) Tornar o minério apto para desmonte decompondo a secção em prismas de desmonte;
- b) Estudos a ter em consideração:
 - tipo de traçagem;
 - circuito de ventilação;
 - circulação de materiais;
 - circulação dos enchimentos se os houver;
 - circulação das águas.

É indispensável fazer-se uma condução correcta dos trabalhos de traçagem de modo a que:

- a) Não andem tão atrasados que criem dificuldades à exploração pelo esgotamento das secções existentes e falta de novas secções já traçadas para desmonte;
- b) Não andem tão avançadas que originem elevadas despesas de conservação.

Ore Body Development

Once the ore deposit is prepared, the subdivision of the sections into prisms, solids or panels of suitable dimensions for dismantling takes place.

Development Purposes:

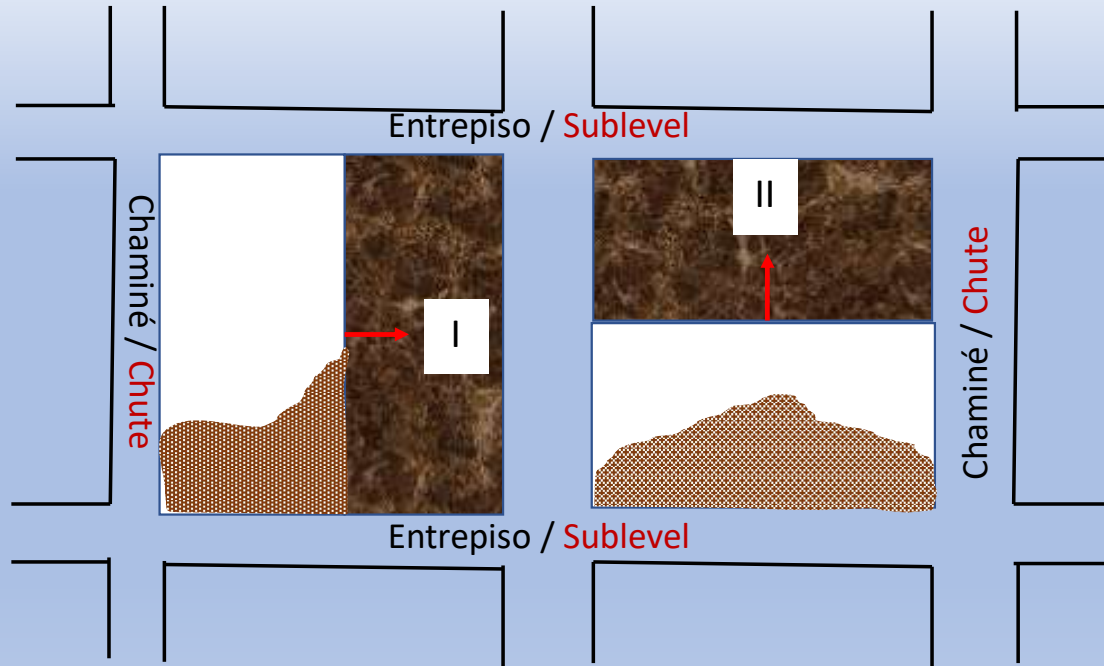
- a) Make the ore suitable for blasting by decomposing the section into blasting prisms;
- b) Studies to be taken into account:
 - development type;
 - ventilation circuit;
 - circulation of materials;
 - circulation of fillings, if any;
 - water circulation.

It is essential to carry out the correct conduction of the development work so that:

- a) They are not so late as to create difficulties for exploitation due to the exhaustion of existing sections and the lack of new sections already drawn for blasting;
- b) They are not so advanced as to cause high conservation costs.

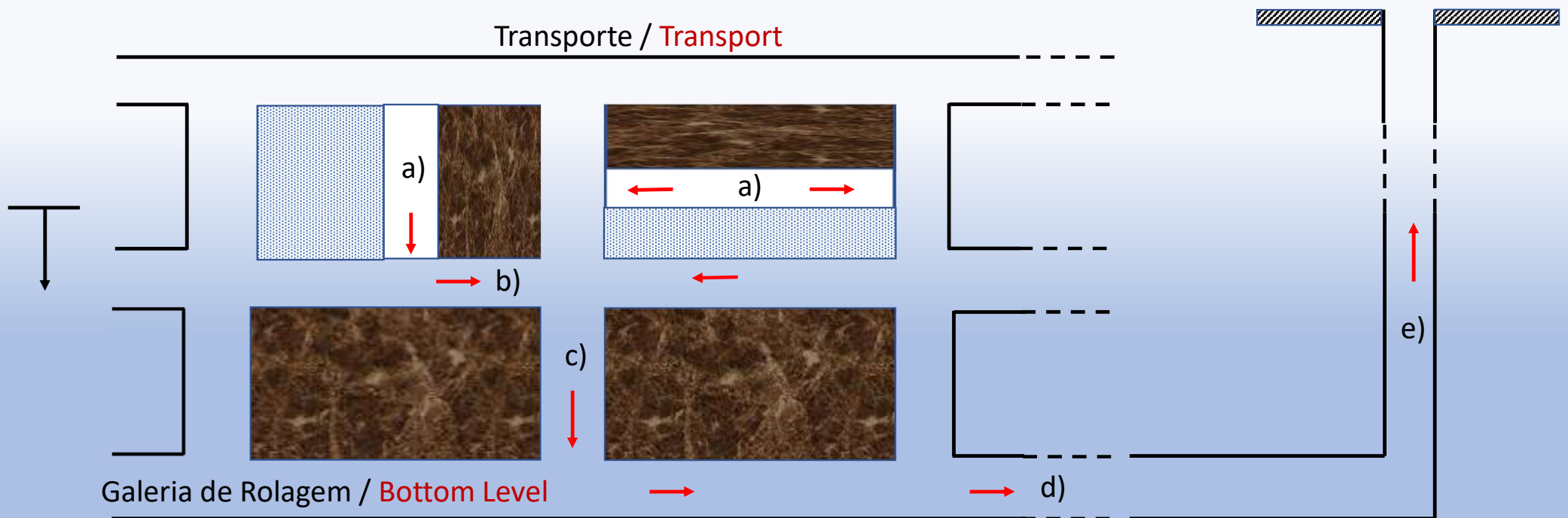
A preparação e traçagem dividiram o jazigo em unidades elementares – prismas, maciços ou painéis, que vão ser “atacados” por uma das suas faces – frente de desmonte.

Estas podem ter o seu traço segundo uma linha de maior declive (I), ou o seu traço horizontal e avançar segundo a linha de menor declive (II).



The preparation and development divided the deposit into elementary units – prisms, rock massif or panels, which will be “attacked” by one of its faces – the blasting front.

These can have their trace according to a line of greater slope (I), or their horizontal trace and advance according to the line of lesser slope (II).



Do ponto de vista económico, a remoção é uma das operações mais importantes na exploração, pelo que se opta frequentemente pela utilização da gravidade, para fazer deslocar o material removido da frente. No estudo dos métodos de exploração é útil considerar cinco tipos de transporte representados na figura:

From an economic point of view, removal is one of the most important operations in exploitation, so it is often chosen to use gravity to move the material removed from the front. In studying exploitation methods it is useful to consider five types of transport represented in the figure:

- transporte na frente de desmonte (a) / **transport in the front (a)**;
- transporte no entrepiso (b) / **transport in the sublevel (b)**;
- transporte do entrepiso ao piso (c) / **transport from the basement to the bottom level (c)**;
- transporte nas galerias de rolagem (d) / **transport in the bottom level (d)**;
- transporte do piso à superfície ou extracção propriamente dita (e) / **transport from the bottom level to the surface or extraction itself (e)**.

Classificação de Métodos de Exploração / **Classification of Exploitation Methods**

A título de exemplo seguir-se-á a classificação criada por Peele:

- 1- Desmontes vazios – “**Open stopes**”
- 2- Desmontes armados – “**Timbered stopes**”
- 3- Desmontes com enchimento – “**Filled stopes**”
- 4- Desmontes com auto-enchimento provisório – “**Shrinkage stopes**”
- 5- Métodos por desabamento – “**Caving methods**”
- 6- Métodos mistos – “**Combined methods**”

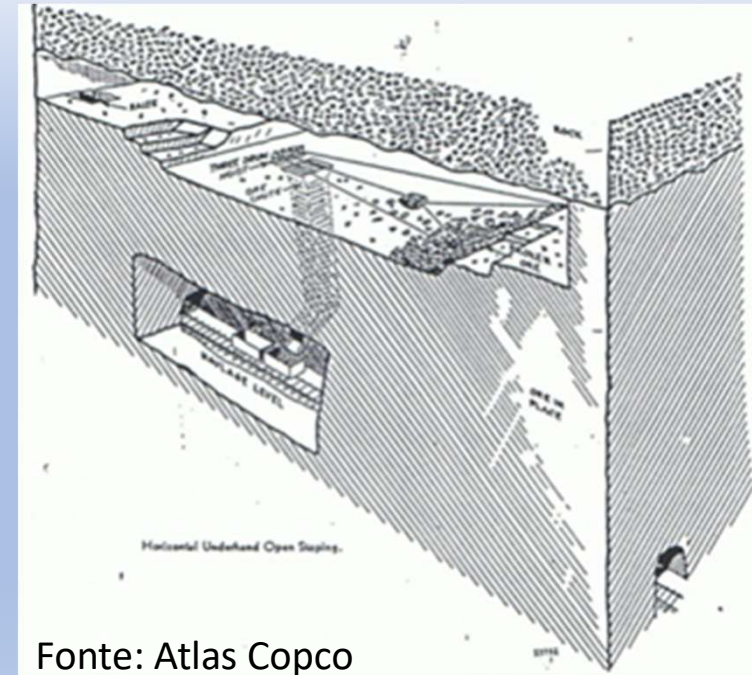
Classificação baseada na forma e dimensões da frente de desmonte / **Classification based on the shape and dimensions of the dismantling front**

- 1- Métodos por frentes longas / **Methods by long fronts**
- 2- Métodos por frentes curtas / **Methods by short fronts**
- 3- Métodos por pilares / **Pillar methods**
- 4- Métodos por câmaras / **Rooms methods**
- 5- Métodos por blocos / **Methods by blocks**

1. Métodos por Desmontes Vazios – “Open stopes”

a) Degraus direitos – Open underhand stopes; Horizontal underhand open stoping

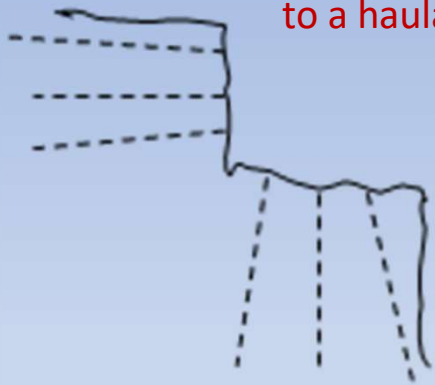
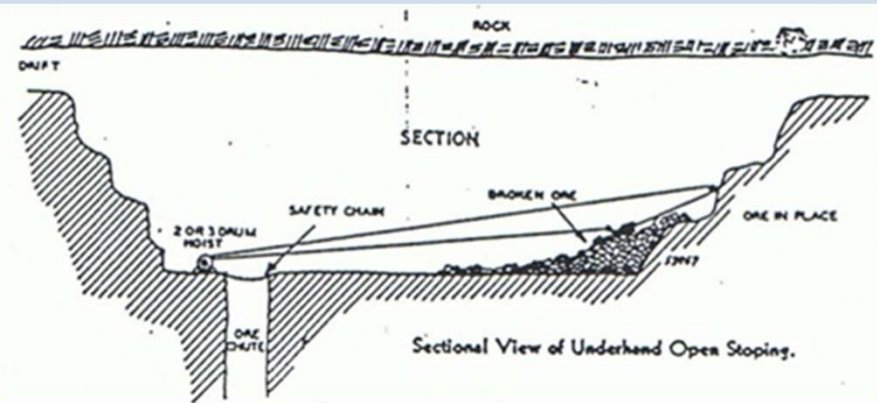
Método de exploração por degraus direitos e remoção de minério através de scraper que arrasta o material desmontado para uma chaminé de descarga que o escoa para uma galeria de rolagem.



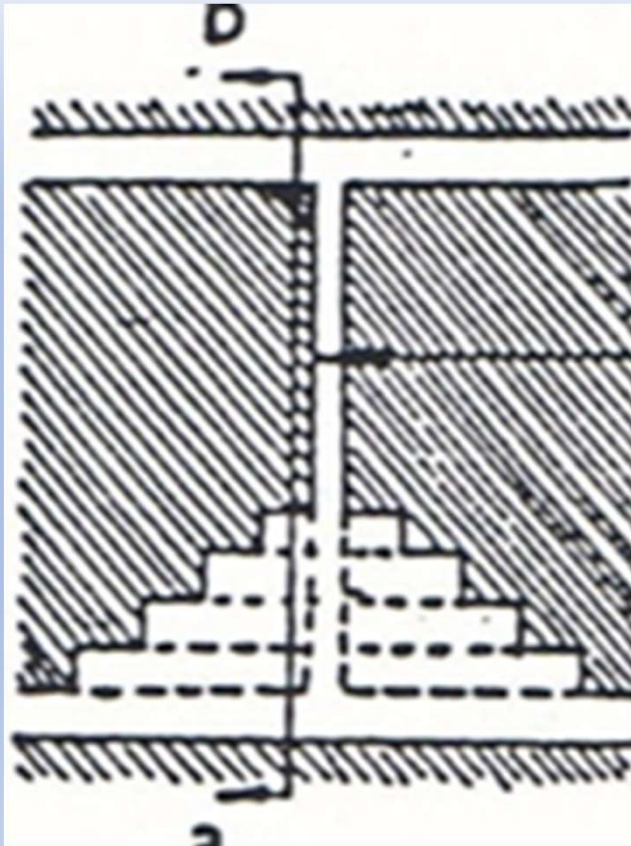
Exploitation method by straight steps and ore removal through a scraper that drags the material to a finger raise that drains it to a haulage level.

A perfuração para futuro desmonte a fogo, pode ser realizada de forma vertical sobre as bancadas ou horizontal, na frente destes.

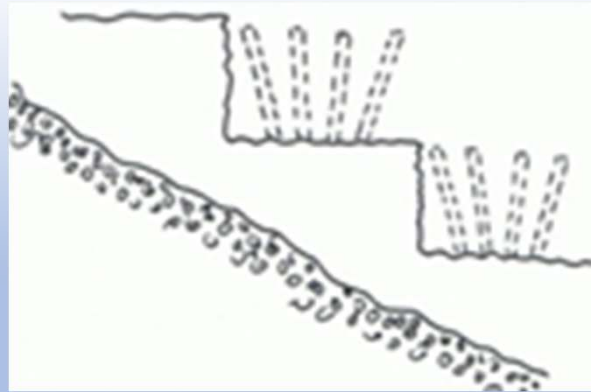
Drilling for future blasting, can be done vertically on the benches or horizontally, in front of them.



b) Degraus invertidos - Open overhand stopes; Back stopes



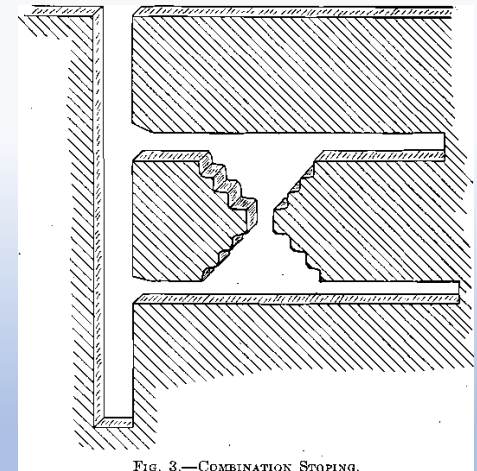
Fonte: Simões Cortez, 1962.



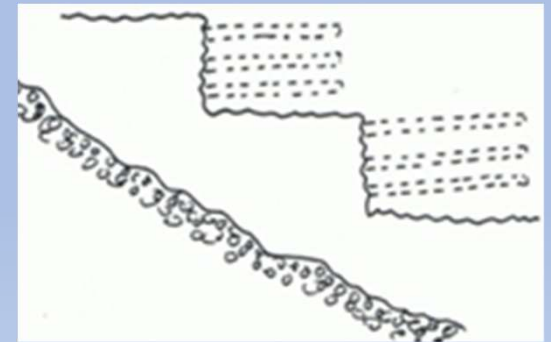
Overhand stoping vertical shotholes

Trata-se de um método inverso ao anterior, desenvolvendo-se igualmente em degraus direitos, mas aqui os mineiros trabalham em andaimes apoiados em estroncas empatedadas nos hasteais.

This is an inverse method to the previous one, also developing in straight steps, but here the miners work on scaffolding fixed side walls .



Comparação dos dois métodos
Comparison of the two methods

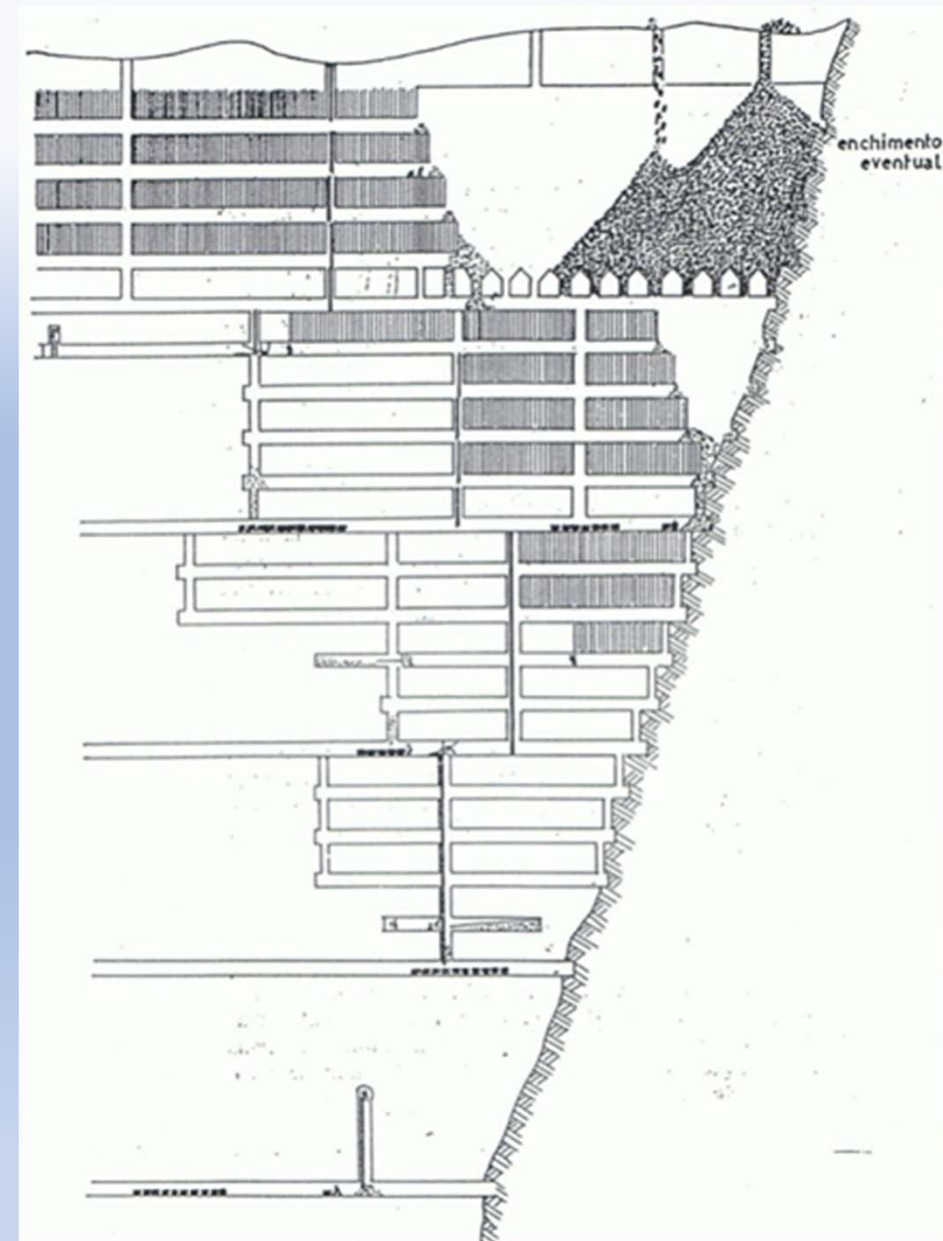
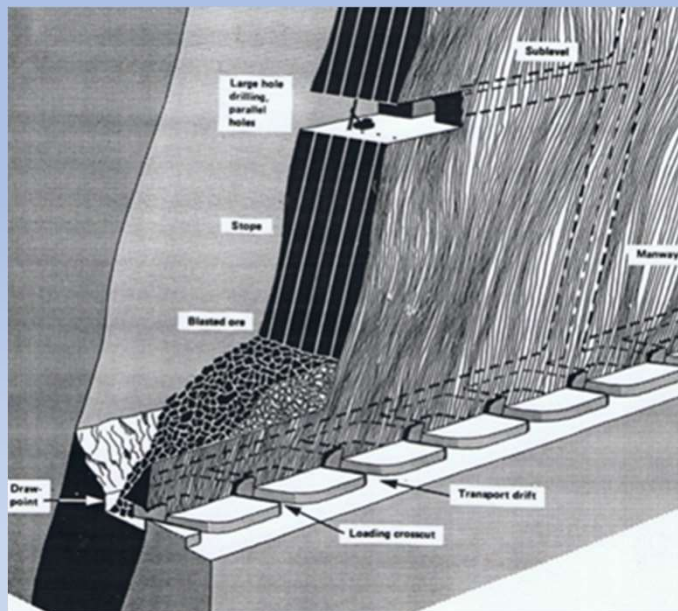


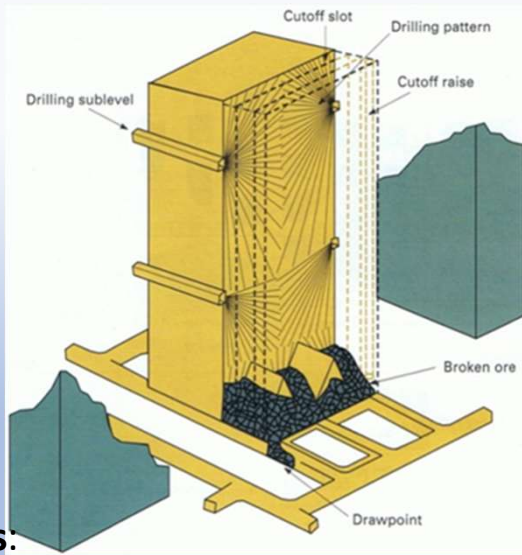
Overhand stoping horizontal shotholes

c) Entrepisos – Sub-level stoping

A traçagem realiza-se por entrepisos e maciços longos de 6 a 9 m de altura e remoção pelo fundo do painel. Os entrepisos são desmontados utilizando perfuração longa, paralela, seguida de desmonte a fogo; para o caso de filões delgados e perfuração em leque se a possança for elevada, segundo planos sucessivamente paralelos

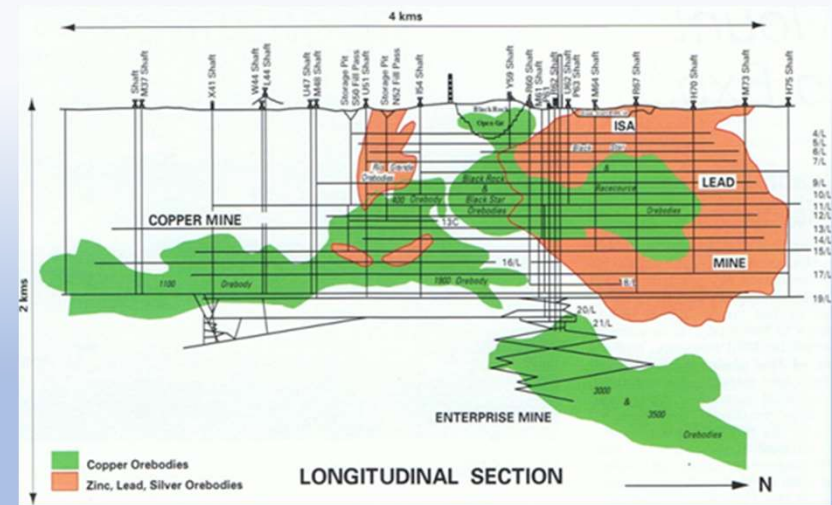
Development is carried out using sub-levels and long massifs of 6 to 9 m in height and removal through the bottom of the panel. The sub-levels are disassembled using long, parallel drilling, followed by blasting; in the case of thin veins and fan drilling if the strength is high, according to successively parallel planes.





Blasting by sub-levels with long fan-shaped drilling

Mount Isa Mines in Queensland, Australia. Annually produces more than 10 Mt of ore, making it one of the largest in the world, extracting lead, silver, zinc and copper.



Vantagens:

- o facto da operação ser contínua, sem paragens para enchimento;
- baixo custo por tonelada extraída;
- os desmontes em retirada mantêm o pessoal em segurança;
- boa ventilação;
- os desmontes em retirada permitem baixa manutenção das vias de acesso.

Desvantagens:

- desmontes não selectivos, desmontando-se toda a massa;
- custos de manutenção dos equipamentos é alta, sendo mais dispendiosas as operações ligadas à mecânica do que as associadas à exploração.

Advantages:

- the fact that the operation is continuous, without stops for filling;
- low cost per ton extracted;
- the blasting in withdrawal keep personnel safe;
- good ventilation;
- the blasting in withdrawal allows low maintenance of access ways.

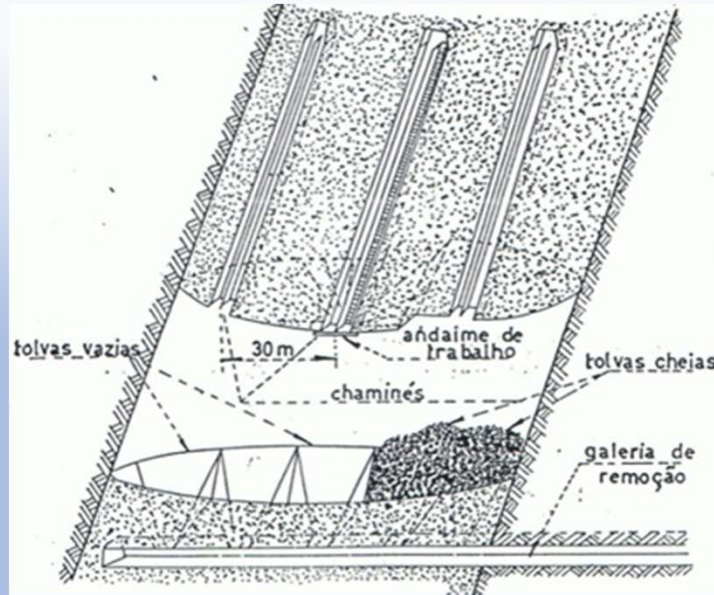
Disadvantages:

- non-selective blasting, removing the entire mass;
- equipment maintenance costs are high, operations related to mechanics being more expensive than those associated with operation.

O minério é desmontado de forma ascendente, através de pegas de fogo horizontais executadas a partir das chaminés abertas no maciço que vão desaparecendo à medida que a exploração evolui para as cotas superiores.

O minério desmontado cai por gravidade na base da câmara, sendo evacuada por tolvas ao ritmo da remoção que é feita numa galeria de rolagem numa cota inferior.

d) Cortes a partir da chaminé - Raise stopping

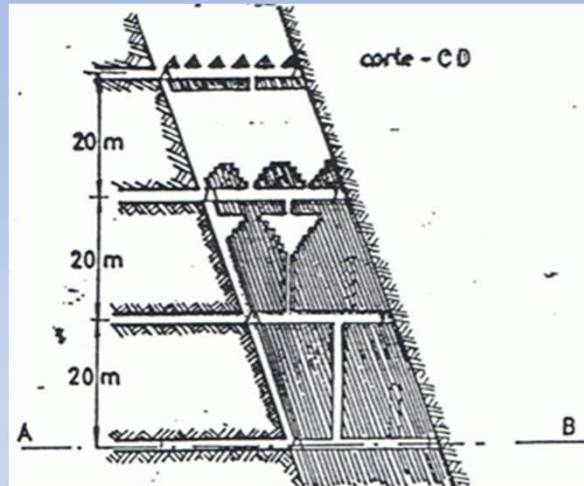


The ore is dismantled upwards, through horizontal drilling and blasting, carried out from the finger raises opened in the rock mass that disappear as the exploitation progresses to the upper levels.

The dismantled ore falls by gravity at the base of the room, being evacuated through drawpoint at the rate of removal, which is carried out in a haulage level at a lower quota.

e) Câmara em funil - Underground glory-hole

Inicialmente realiza-se uma chaminé entre dois pisos que distam entre si, na vertical, sensivelmente 20 m. O desmonte realiza-se com o alargamento da chaminé em todas as direcções, baixando-se o piso, desenvolvendo-se a exploração por degraus direitos.

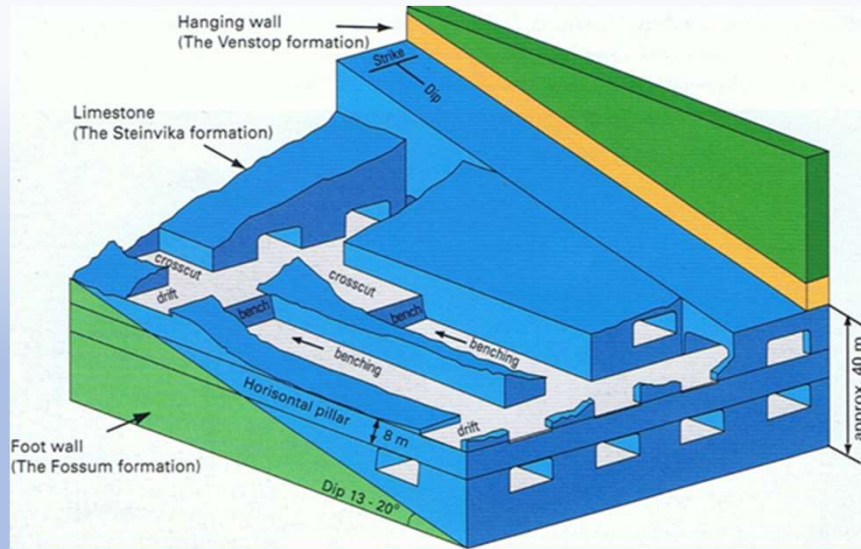


Initially, the finger raise is built between two floors that are approximately 20 m apart vertically. The stope is carried out by widening the finger raise in all directions, lowering the floor, developing the exploitation by straight steps.

Os avanços são realizados em corredores e as frentes longas funcionam como pilares contínuos, denominados “linhas”.

Aplica-se a jazigos de baixo valor comercial, ou em formações geológicas susceptíveis de provocarem assentamentos à superfície, por fragilidade do comportamento mecânico das rochas.

f) Pilares contínuos - **Continuous pillars**



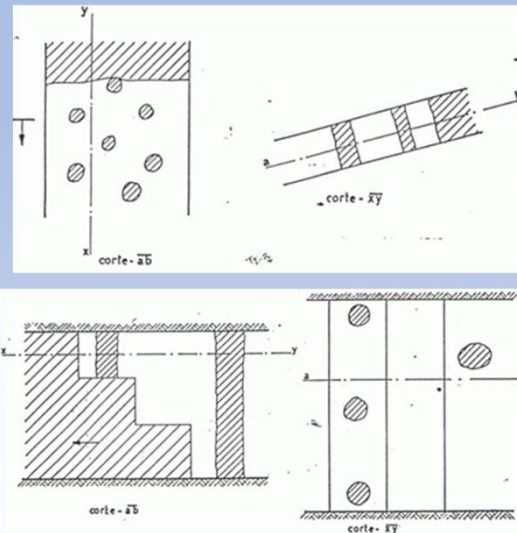
Advances are carried out in corridors and the long fronts function as continuous pillars, called “lines”.

Applies to deposits of low commercial value, or in geological formations likely to cause settlements on the surface, due to the fragility of the mechanical behavior of the rocks. At the Dalen mine in Norway, production reaches 1 Mt/year. The limestone formation has a height of 40 m, with a metamorphic formation on the wall and sandstone on the ceiling.

g) Desmontes frontais - **Breast stopes**

O desmonte é efectuado segundo uma frente vertical e que avança segundo a linha de maior declive, deixando-se pilares dispostos de modo irregular.

Se a possança é elevada, o desmonte pode fazer-se por degraus direitos, aumentando sucessivamente os pilares em altura



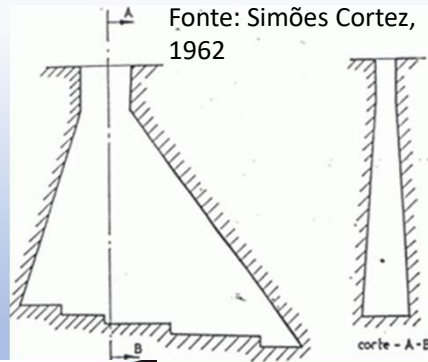
The stope is carried out according to a vertical front that advances along the steepest line, leaving pillars arranged in an irregular manner.

If the strength is high, the stope can be done using straight steps, successively increasing the height of the pillars.

Caracteriza-se pela abertura de uma série de cavidades, dispostas, por vezes de forma irregular, separadas por substância útil ou estéril, destinadas a servir como maciço de protecção.

É um método aplicado em jazigos possantes ou em massas isoladas, de rocha encaixante com bom comportamento mecânico.

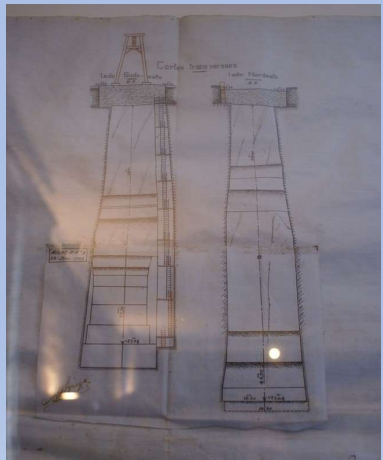
h) Câmaras - Rooms



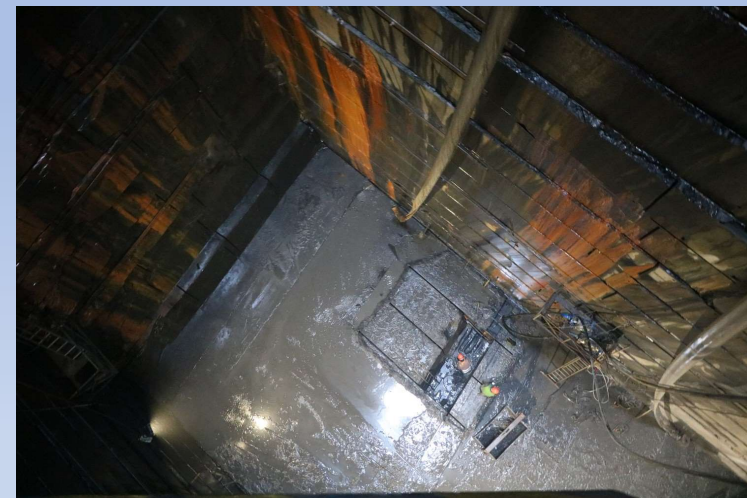
It is characterized by the opening of a series of cavities, arranged, sometimes irregularly, separated by a ore or sterile mass, intended to serve as a rocky mass of protection.

It is a method applied in powerful deposits or in isolated masses, of country rock with good mechanical behavior.

In Portugal it was a method widely used in the underground mining quarries of the Valongo slates, but is currently abandoned, and exploitation is carried out in the open pit. The transformation from underground to open pit was initially done with the total filling of the cavities with waste working on top of this.



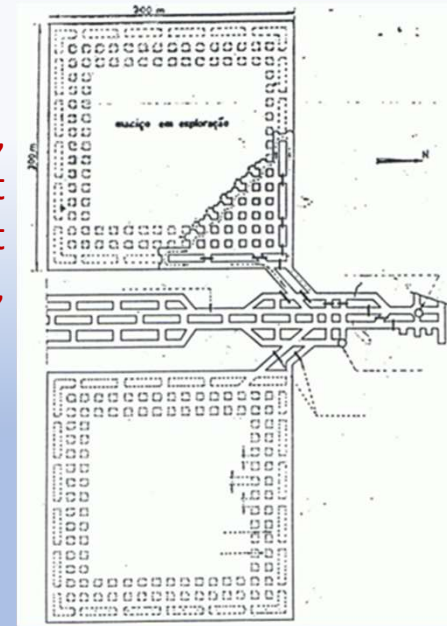
Em Portugal foi um método muito usado nas pedreiras de lavra subterrânea das lousas de Valongo, mas actualmente abandonado, fazendo-se a exploração a céu aberto. A transformação do subterrâneo para céu aberto foi feito inicialmente com o enchimento total das cavidades com escombros trabalhando-se em cima deste.



No método de exploração por câmaras e pilares, o jazigo é inicialmente submetido a uma traçagem por maciços curtos através de um conjunto de galerias que se cruzam, definindo pilares de dimensões iguais, dispendo-se segundo uma malha regular.

i) Câmaras e pilares - Room and pillars

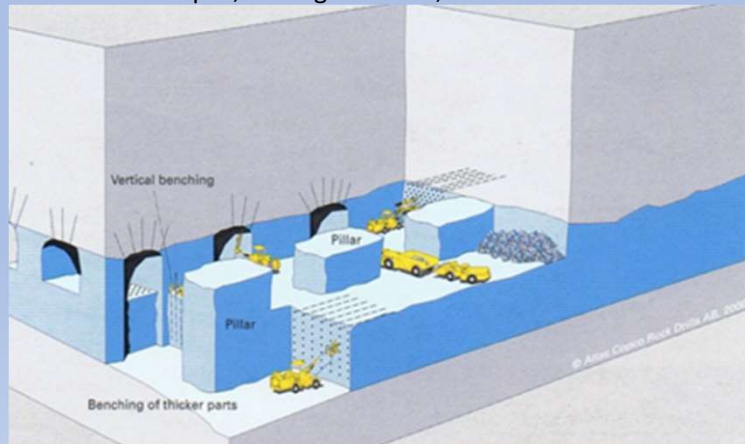
In the method of exploitation by rooms and pillars, the ore deposit is initially submitted to a development by short rock massives through a set of drifts that intersect, defining pillars of equal dimensions, arranged according to a regular grid.



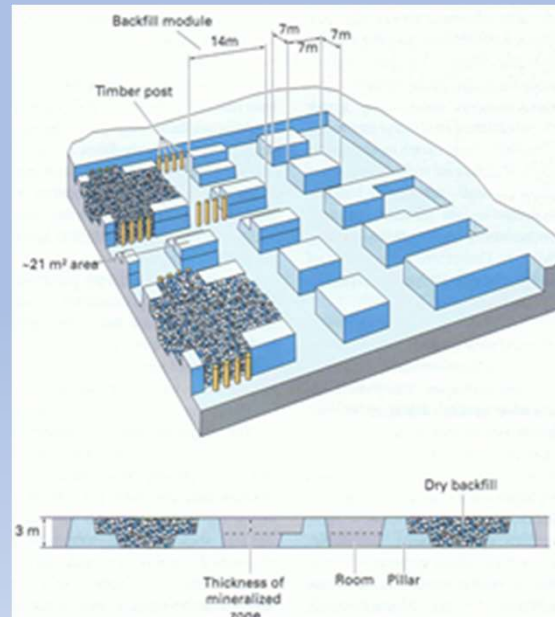
Existem várias variantes do método de exploração “câmaras e pilares”

There are several variants of the “rooms and pillars” exploitation method:

Fonte: Atlas Copco; Mining Methods, Case Studie.



Classic rooms and pillars



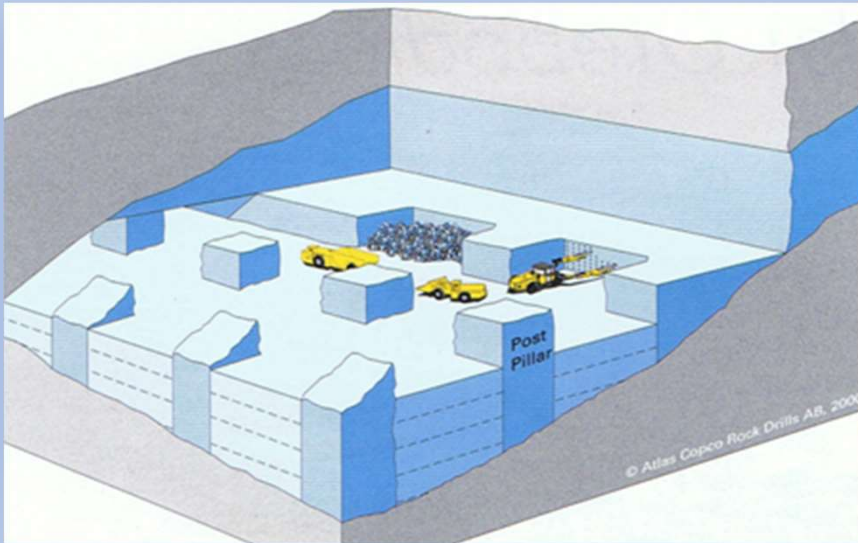
Scheme of rooms and pillars in the minecopper, Polkowice- Sieroszowice, Poland

A escavação dos pilares dá-se em duas fases: na primeira são deixados pilares com 25 m x 35 m; na segunda fase, já no início do abandono, estes pilares são cortados para dimensões menores, seguindo-se um enchimento com material estéril.

The excavation of the pillars takes place in two phases: in the first, pillars measuring 25 m x 35 m are left; in the second phase, already at the beginning of abandonment, these pillars are cut to smaller dimensions, followed by filling with sterile material.

Câmaras e colunas (post room and pillars) - Aplicadas fundamentalmente em depósitos muito inclinados, com ângulos de 20 a 25⁰, com elevadas alturas.

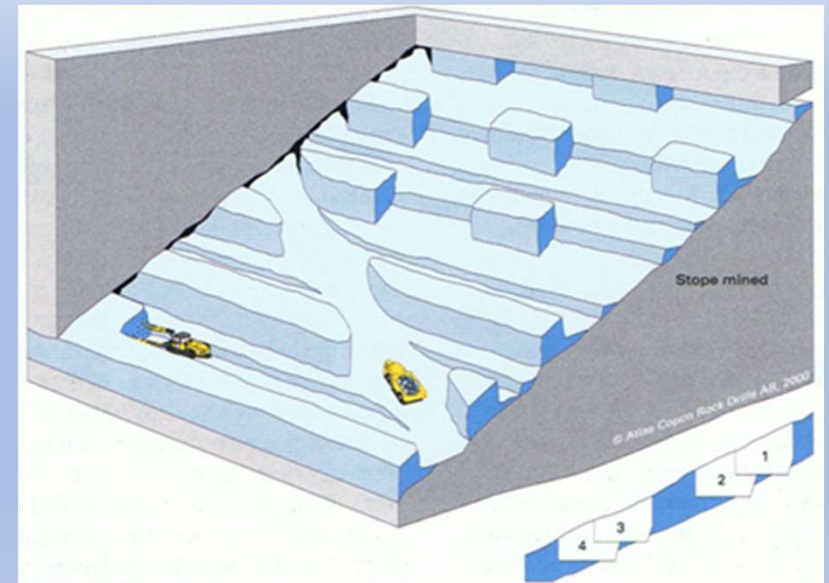
Os desmontes vazios, são vulgarmente preenchidos, mantendo o maciço rochoso estável, por isso trata-se de um método intermédio entre o “room and pillars” e o “cutt and fill stoping”.



Fonte: Atlas Copco; Mining Methods, Case Studie.

Rooms and columns (post room and pillars) - Applied mainly in deposits very inclined, with angles of 20 to 25⁰, with considerable heights . The open stopes are commonly filled in, keeping the rock massive stable, so it is a intermediate method between the “room and pillars” and the "cut and fill stoping”.

Câmaras e pilares em degraus - Aplicam-se também em jazigos tabulares, mas inclinados, com possanças entre 2 e 5 m e inclinações entre 15 e 30⁰. As vias de transporte atravessam o jazigo e a partir delas desenvolvem-se os ataques às frentes segundo degraus descendentes.



Fonte: Atlas Copco; Mining Methods, Case Studie.

Rooms and pillars in steps - Are also applied in tabular ore deposits, but inclined, with thickness between 2 and 5 m and slopes between 15 and 30⁰. The haulage drift cross the ore body and from them the attacks on the fronts are carried out according to descending steps.

Mina da Panasqueira - Almonty Industries - Beralt Tin and Wolfram (Portugal), S.A.

Método de Desmorte

-Inicialmente foi adoptado o método por frentes contínuas (Longwall)

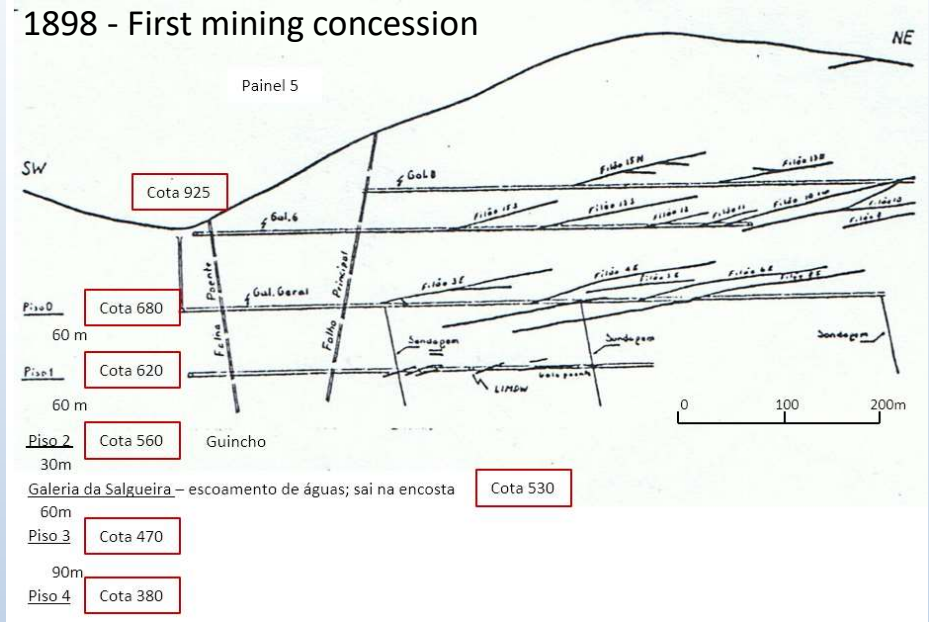
- 1980 – 1984 – Início do Câmaras e Pilares

-São abertas galerias (inclinados) de 5 m de largura por 2 m de altura, nos sentidos N-S e E-W, definindo-se inicialmente pilares 11 m x 11m.

Seguidamente esses pilares são atravessados por travessas, passando a ter 3 m x 11m.

Na fase final os pilares ficarão com 3 m x 3m levando a uma recuperação de 85%.

Tem de ser garantida a sobreposição dos vários pilares, nos diferentes níveis, evitando-se assim possíveis desabamentos.



Exploitation Method

At first, the continuous front method (Longwall) was adopted.

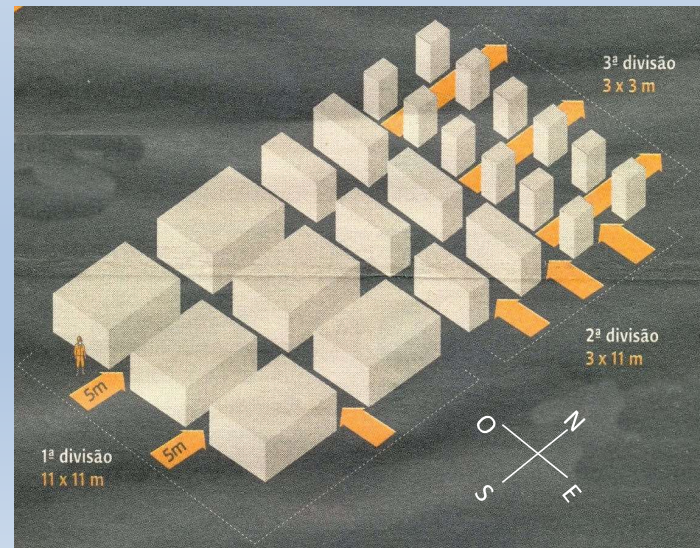
1980 – 1984 – Beginning of rooms and Pillars.

5 m wide by 2 m high drifts (inclined) are opened, in the N-S and E-W directions, defining initially pillars 11 m x 11 m.

Then these pillars are crossed by drifts, becoming 3 m x 11 m.

In the final phase, the pillars will measure 3 m x 3 m, leading to a recovery of 85%.

The overlapping of the various pillars at different levels must be ensured, thus avoiding possible collapses.



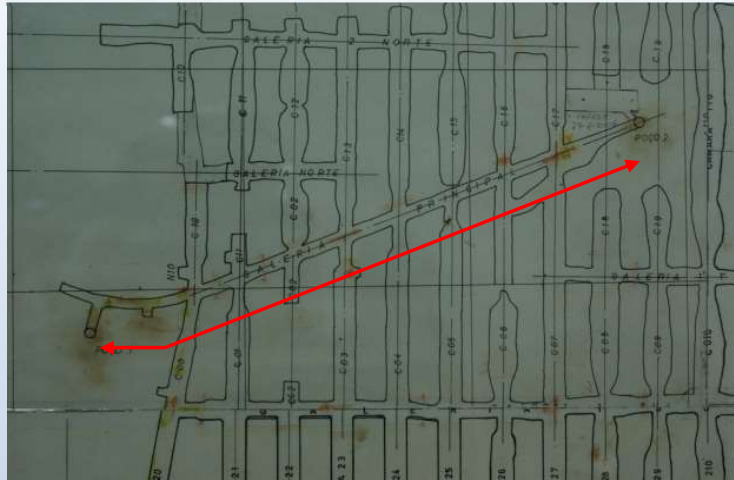
Mina de Campina de Cima, Loulé - Tech Salt S.A.

Piso 1 (230m) existe uma galeria de rolagem com 260 m de comprimento unindo os dois poços.

O acesso ao piso 2 (260 m) faz-se através de uma rampa com 10% de inclinação.

A partir da galeria de rolagem procedeu-se à abertura de câmaras, intercaladas por galerias que lhes são perpendiculares definindo uma malha rectangular que, representam actualmente mais de 100 ha de área explorada e uma extensão aproximadamente de 60 km.

A secção das galerias e das câmaras é de 10 m de largura e 4,30 m de altura.



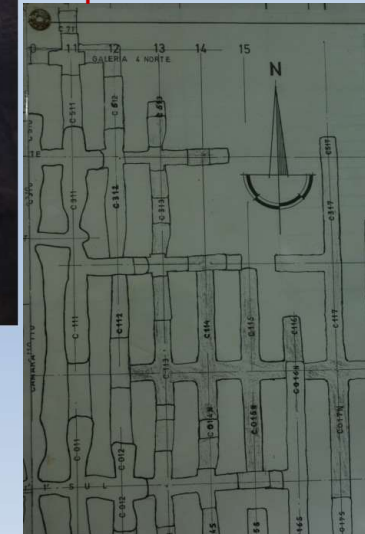
On the 1st Level (230m) there is a 260 m long main level connecting the two wells.

Access to the 2nd Level (260 m) is via a 10% incline ramp.

From the main level, rooms were opened, interspersed by drifts that are perpendicular to them, defining a rectangular mesh that currently represents more than 100 ha of exploited area and an extension of approximately 60 km.



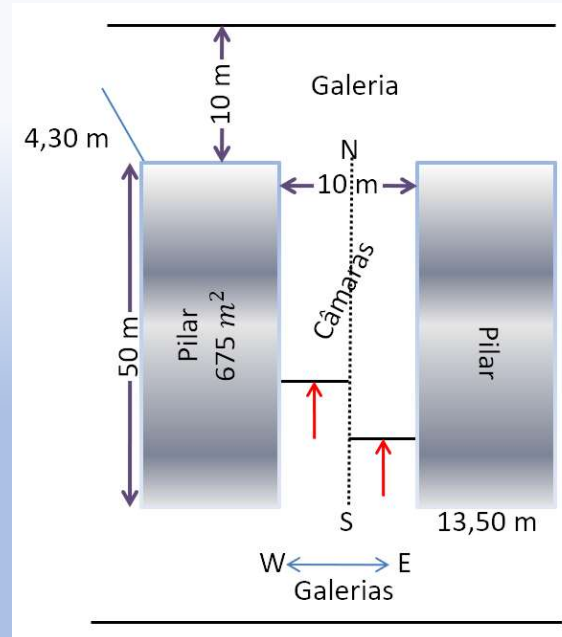
Roçadora
Roadheader



The section of drifts and rooms is 10 m wide and 4.30 m high.

Os pilares N-S foram projectados tendo em conta os maiores esforços tectónicos que se materializam em compressões.

Galerias – E-W
Câmaras – N-S



The N-S pillars were designed taking into account the greatest tectonic efforts that materialize in compressions.



Bloco de Trabalho – (Comp. do Pilar + 2 x ½ Galeria) x (até ao limite da concessão ou limite da jazida)
(60 m)

Work Block - (Length of Pillar + 2 x ½ Drift) x (up to concession limit or deposit limit)
(60 m)

Bloco Unitário – (Comp. do Pilar + 2 x ½ Galeria) x (Larg. do Pilar + 2 x ½ Câmaras)
(60 m) (23,50 m) = 1410 m²

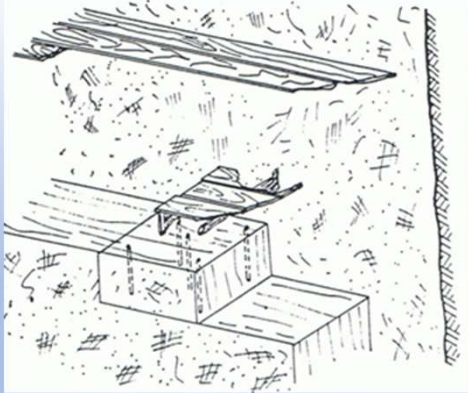
Single Block - (Pillar Length + 2 x ½ Drift) x (Pillar Width + 2 x ½ rooms)
(60 m) (23,50 m) = 1410 m²

2. Métodos por Desmontes Armados – “Timbered stopes”

a) Desmontes Estroncados (Stulled Stopes)

Os hasteais são suportados através de estroncas ou escoras de madeira.

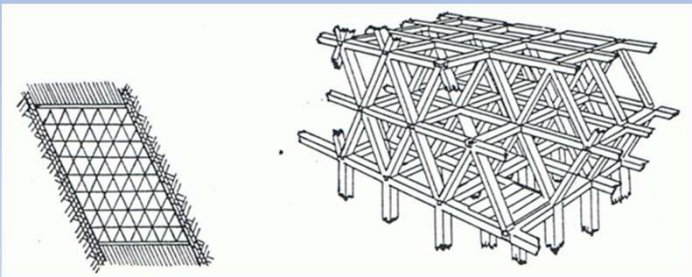
The side walls are supported by wooden struts.



d) Método de Moore

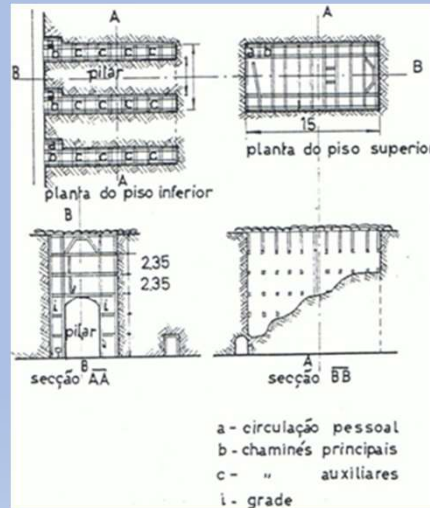
Neste caso, o elemento base do vigamento é um quadro triangular.

In this case, the base element of the framework is a triangular frame.



Fonte: Simões Cortez, 1962

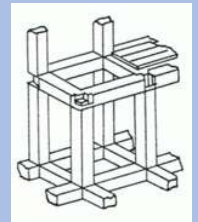
c) Método de Mitchell



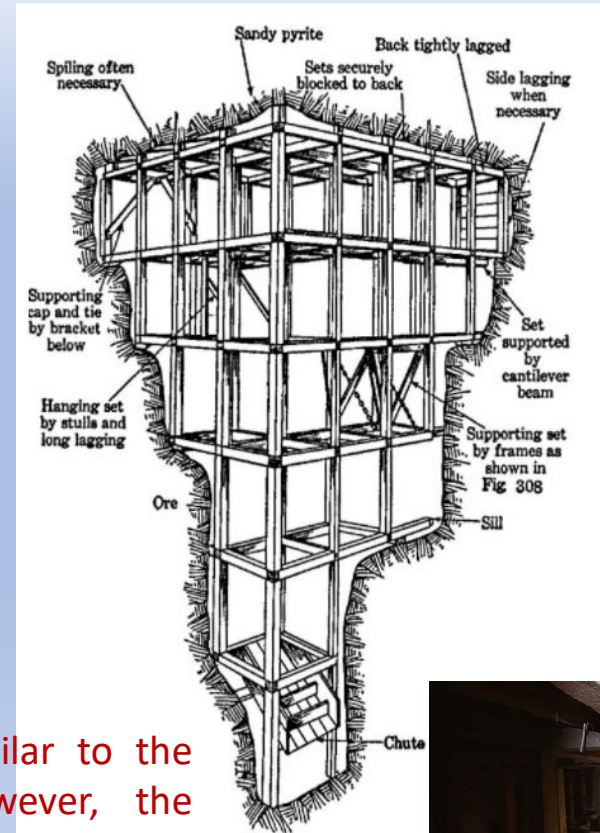
Mitchell's method is similar to the square set stopes, however, the casing order is descending in the columns, immediately following the dismount, which is also descending.

b) Desmontes com Quadros Tri-rectangulares (Square-set Stopes)

É usado um vigamento regular, cujo elemento de base é um quadro tri-rectangular.



A regular framework is used, whose basic element is a tri-rectangular frame.



3. Desmontes com Enchimento – “Filled Stopes”

São métodos vulgarmente denominados “Cut-and-fill” e aplicados essencialmente a jazigos muito inclinados, com estabilidade boa a moderada e com elevados teores.

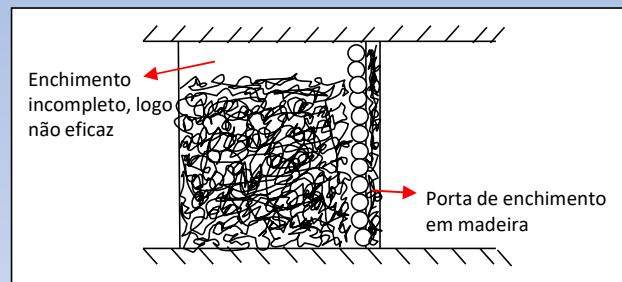
These methods are commonly called “Cut-and-fill” and are essentially applied to very inclined ore deposits, with good to moderate stability and with high grades.

Todos os métodos possuem em comum o fato dos vazios deixados pela remoção da substância útil serem preenchidos, total ou parcialmente, com materiais provenientes, ou não do próprio jazigo.

All methods have in common the fact that the voids left by the removal of the useful substance are filled, totally or partially, with materials that come, or not, from the deposit itself.

A sua eficácia depende dos vazios deixados durante o enchimento e é tanto maior quanto menor a sua granulometria. Enchimentos incompletos podem provocar desabamentos catastróficos das paredes e hasteais das galerias, tanto mais que, frequentemente existem trabalhos sobre eles.

Its effectiveness depends on the voids left during filling and is greater the smaller its granulometry. Incomplete fillings can cause catastrophic collapses of the walls and shafts of the galleries, especially since there are often works on them.



Incomplete filling, therefore not effective

wooden filling door



Enchimento Hidráulico – O material é transportado misturado com água. O melhor material para este tipo de enchimento é a areia, ou um produto calibrado em pequenas dimensões. Porém, a mistura mais vantajosa quanto à granulometria será aquela que tiver menos de 50% de produtos menores que 6 mm e uma maior percentagem de produtos de 40 mm.

Hydraulic Fill – The material is conveyed mixed with water. The best material for this type of filling is sand, or a product calibrated in small dimensions. However, the most advantageous mixture in terms of granulometry will be the one with less than 50% of products smaller than 6 mm and a greater percentage of products measuring 40 mm.



Central de enchimento / **Filling unit**
Mina da Somincor

Composição do enchimento
Filler composition

- 80 a 92% de areia / **sand**;
- 3 a 7% de cimento / **cement**;
- 5 a 10% de rejeitados da fracção grosseira / **coarse fraction tailings**.

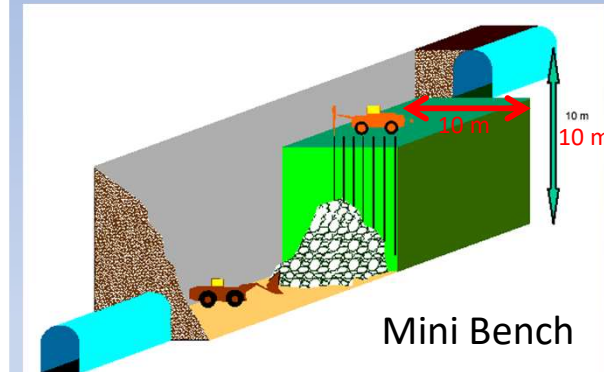
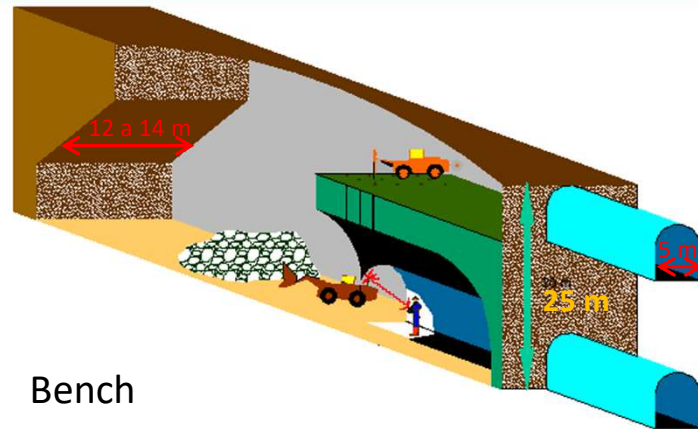
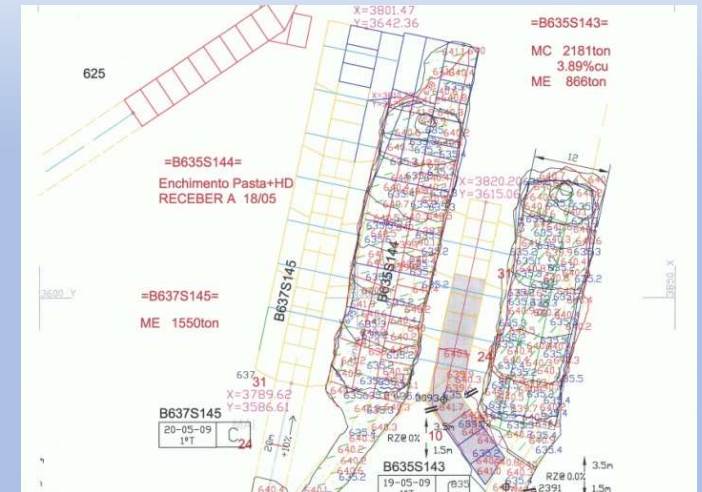
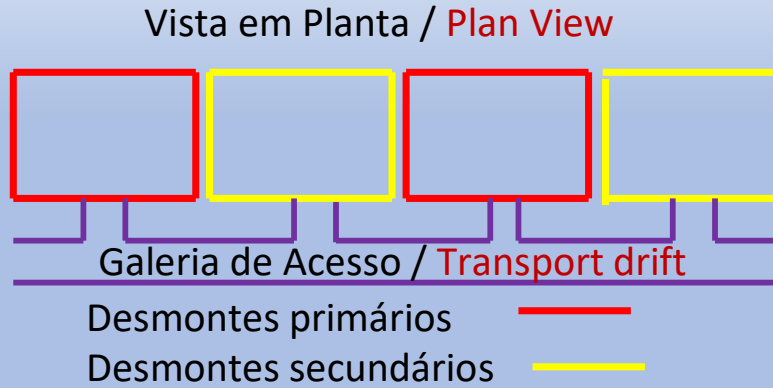
- A resistência uniaxial alcançada ao fim de 28 dias é de 0,7 Mpa.
- **The uniaxial strength reached after 28 days is 0.7 Mpa.**

Paste Fill - A sua composição varia consoante os desmontes a encher / **Its composition varies depending on the stopes to be filled:**

- Para desmontes primários / **For primary stopes** – 95% rejeitados ciclados + 5% cimento / **95% cyclone rejects + 5% cement;**
- Para desmontes secundários / **For secondary stopes** – 99% rejeitados ciclados + 1% cimento / **99% cyclone rejects + 1% cement.**



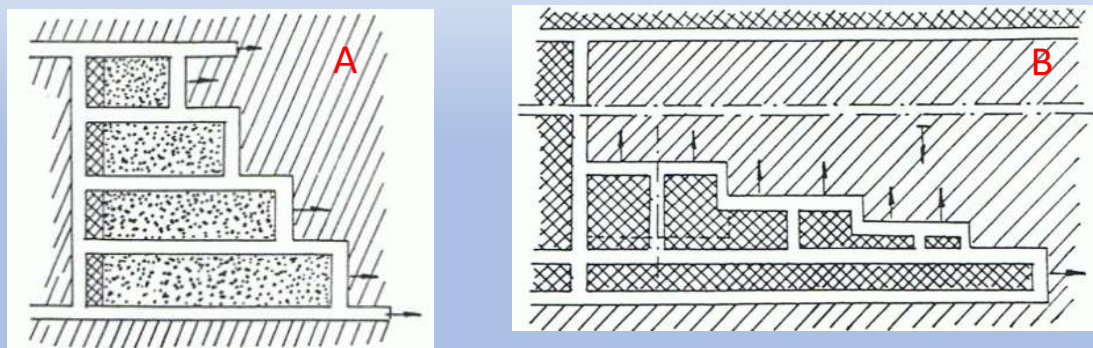
Portas de enchimento Somincor



Maciços Longos / Long Massif

Métodos / Methods:

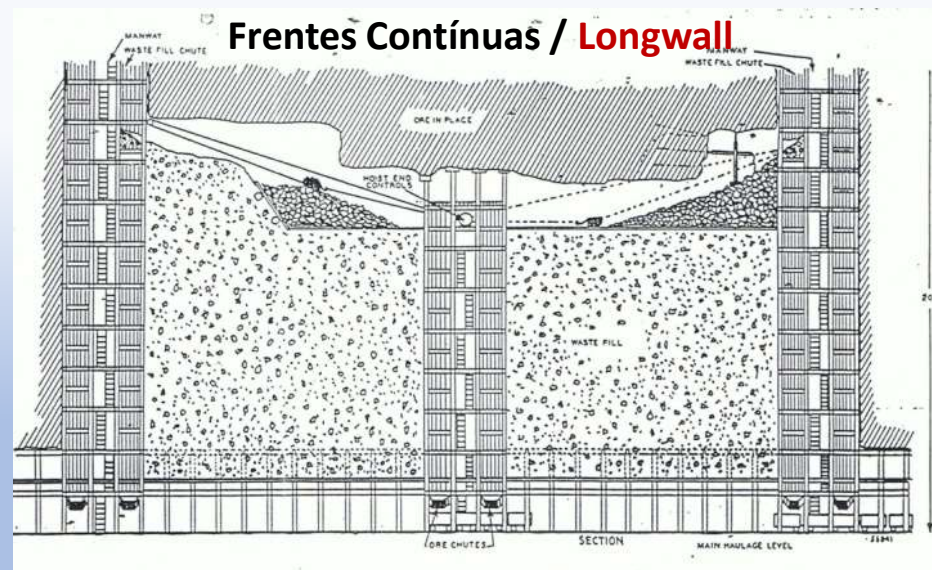
Nos cortes simultâneos em direcção as vias de transporte desenvolvem-se no plano horizontal (A), nos cortes em inclinação o deslocamento do material faz-se segundo a gravidade, ou seja, na vertical (B).



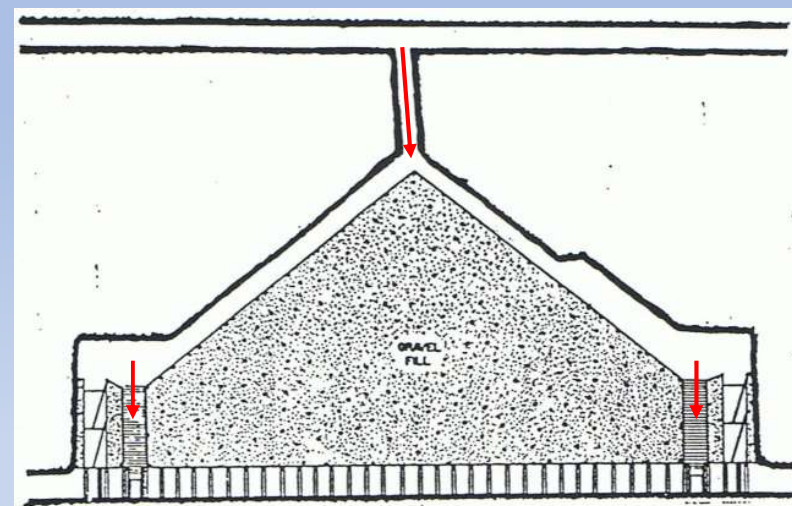
In simultaneous cuts in the direction, the transport routes are developed in the horizontal plane (A), in inclined cuts, the material is moved according to gravity, that is, vertically (B).

As vias de circulação, quer do enchimento, localizada em posição central, quer do escoamento do minério, localizadas perifericamente, dispõem-se de forma paralela e segundo a linha de maior declive.

The drawpoints, both for filling, located in a central position, and for ore disposal, located peripherally, are arranged in parallel and according to the line with the greatest slope. Fonte: Simões Cortez, 1962



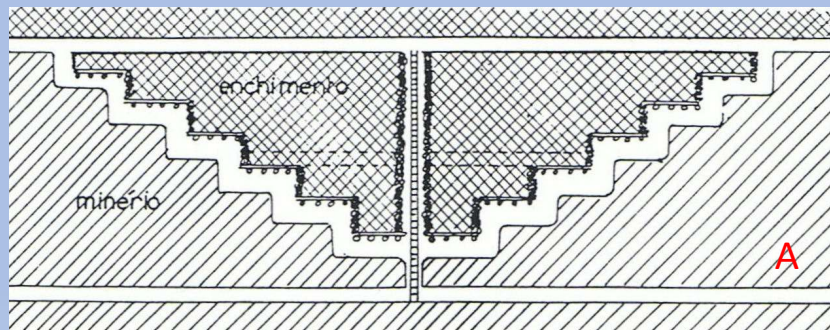
Stossbau - Perfil com dupla descarga
Double discharge profile



Frentes em Degraus / Main Face in Steps

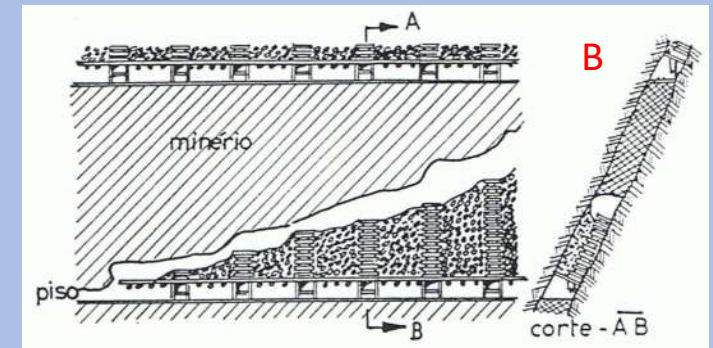
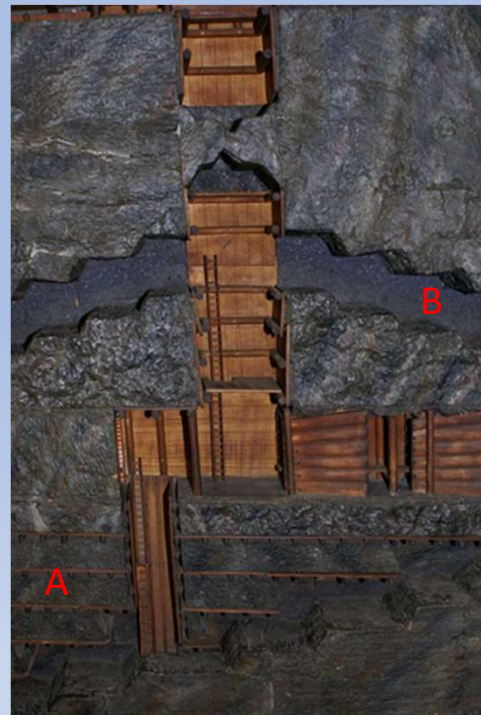
Os trabalhos mineiros desenvolvem-se em degraus, quer seja em degraus direitos com suporte de enchimento a tecto através de estrados empatelados nos hasteais (A), quer seja em degraus invertidos, ocorrendo a descarga do minério por gravidade ao longo de chaminés criadas no meio do enchimento e a pequena distância uma das outras (B).

The mining works are carried out in steps, either in Open Underhand Stopes with support for filling the ceiling through platforms fixed in Side Wall (A), or in Open Overhand Stopes, with the ore being discharged by gravity along Orepass created in the middle filling and at a small distance from each other (B).



Fonte: Simões Cortez, 1962

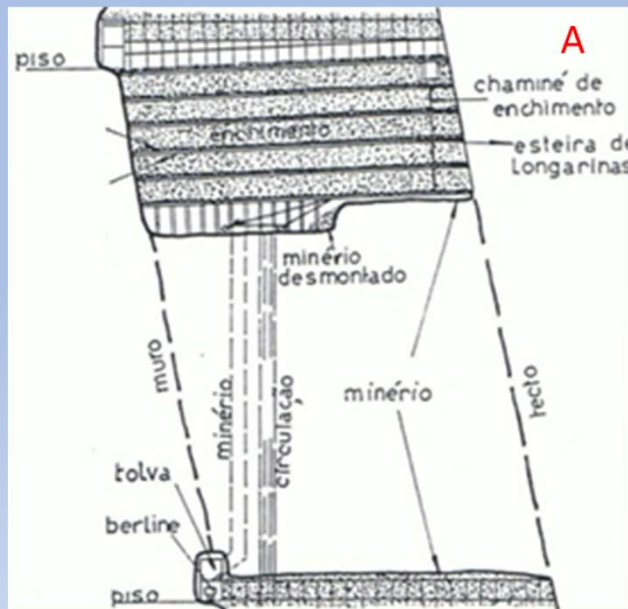
Museu do Lousal
Maquetas pertença do I.S.T.



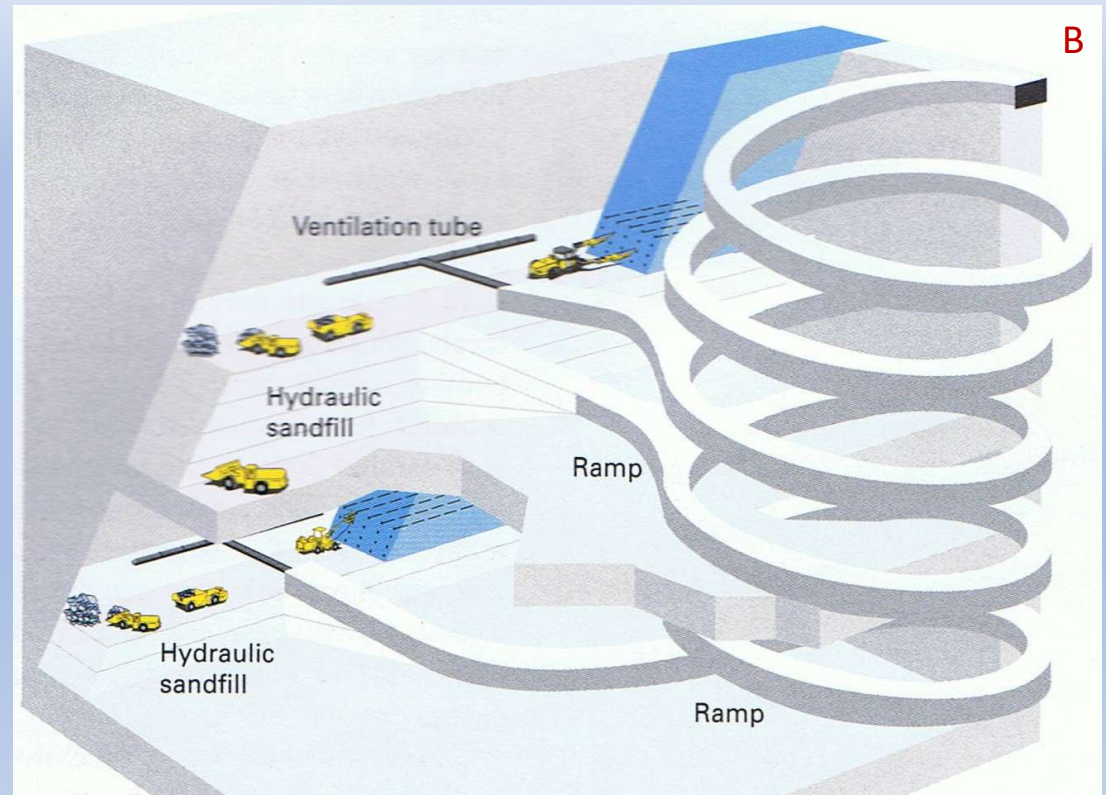
Cortes Sucessivos

Trata-se de um método com três variantes: cortar e encher horizontal, Cortes Unidescendentes (A) e Cortes Uniascendentes (B), realizando-se cortes sucessivos no maciço, tantos quantos os necessários para o desmontar completamente, procedendo-se aos seus enchimentos, simultaneamente com o desmonte adjacente.

This is a method with three variants: horizontal cut-and-fill, Unidescending Slices (A) and Uniascending Slices (B), making successive cuts in the massif, as many as necessary to dismantle it completely, proceeding to its fillings, simultaneously with the adjacent stope.



Fonte: Simões Cortez, 1962.

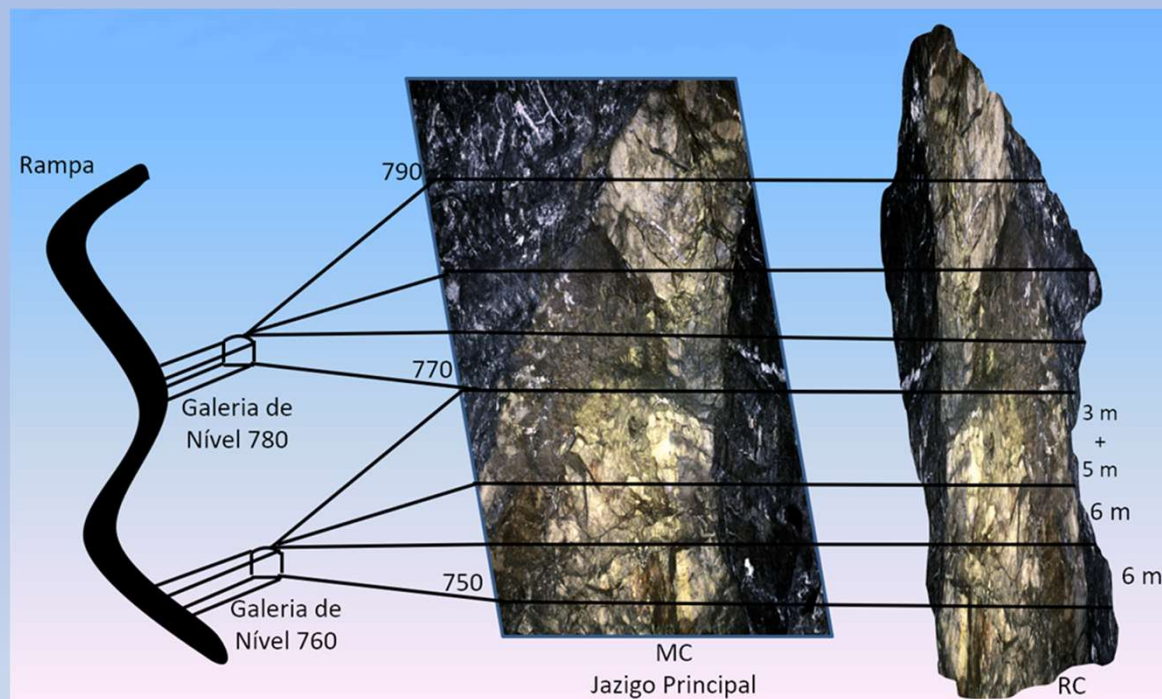


Fonte: Atlas Copco, underground mining methods.

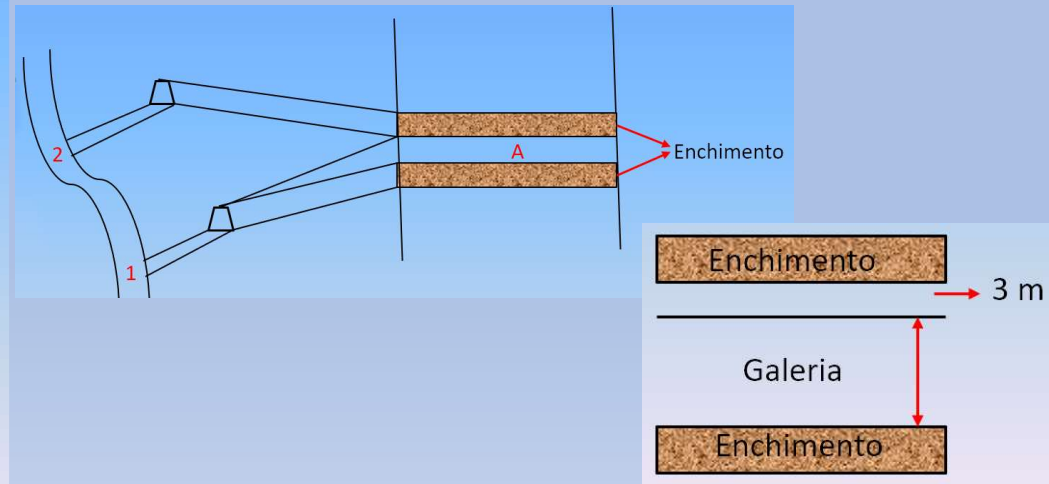
Mina de Neves Corvo, Somincor (Drift and Fill)

O minério é extraído pelo método ascendente, em planos horizontais, seguindo-se o enchimento, sobre o qual os trabalhos continuam a desenrolar-se. Da rampa principal saem galerias até interceptarem o minério. Quando as galerias atingem 15º de inclinação a exploração começa a fazer-se a partir de um nível superior.

The ore is extracted by the ascending method, in horizontal planes, followed by filling, on which work continues to unfold. From the main ramp, galleries leave until they intercept the ore. When the galleries reach a 15º inclination, exploitation begins at a higher level.



Extracção do minério nos Pilares de Soleira – Tem como principal objectivo recuperar mais de 95% do jazigo.

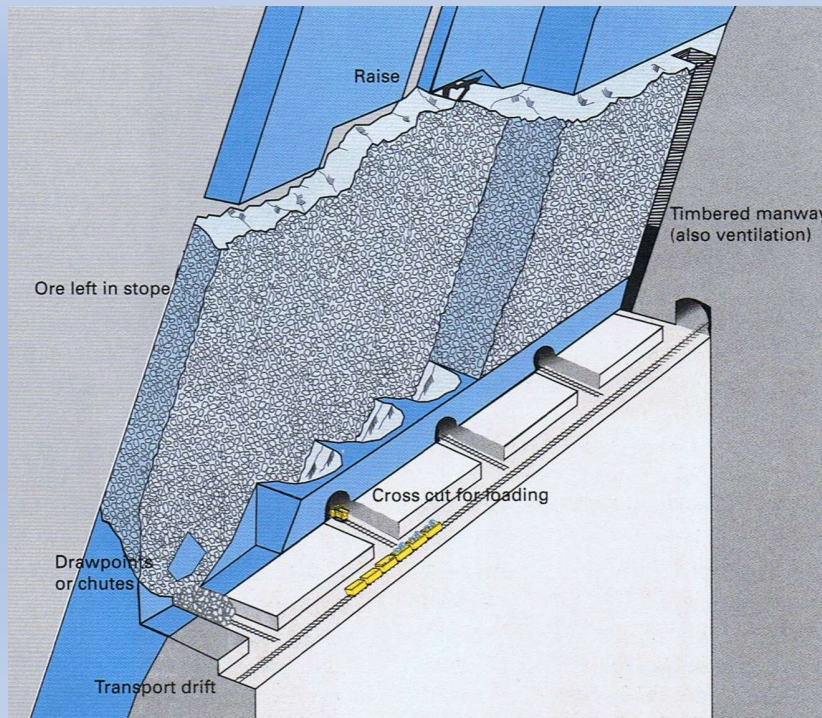


Exploitation of ore in Pilares de Soleira – Its main objective is to recover more than 95% of the deposit.

4. Desmontes com Auto-enchimento Provisório – **Shrinkage Stopes**

O minério é escavado em fatias horizontais, iniciando-se nas cotas inferiores da mina e avançando para cotas superiores, por isso, de forma ascendente.

Parte do minério desmontado é deixado temporariamente no local servindo de plataforma de trabalho e fazendo sustimento do próprio maciço. Só quando este é dado por acabado é que se faz o esvaziamento da câmara.



Fonte: Atlas Copco, underground mining methods, case studies.

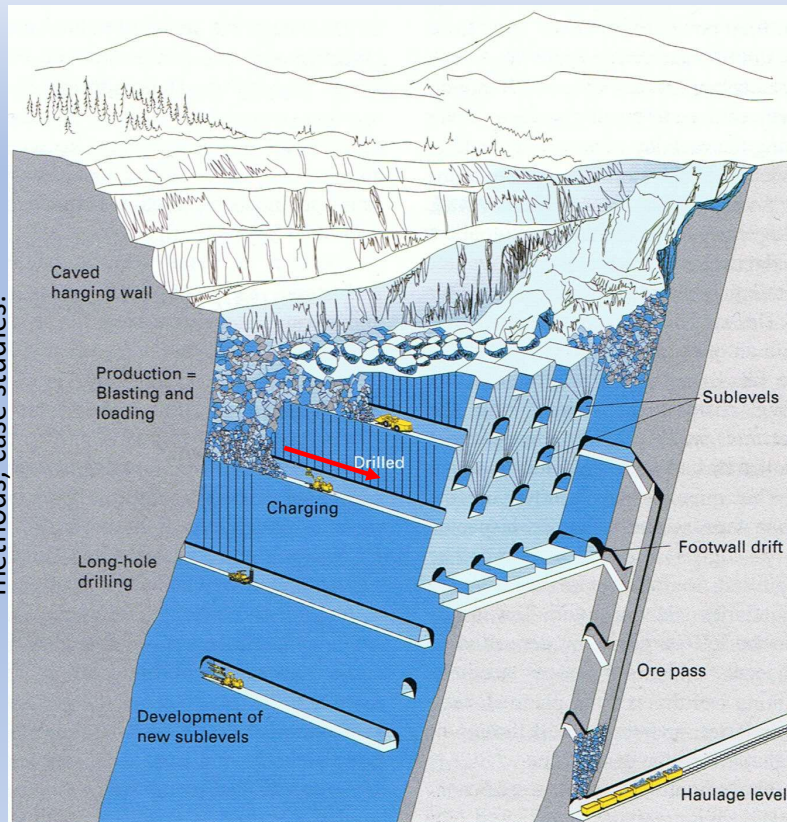
Método que se aplica a jazigos de elevada inclinação, com ângulos superiores a 50º, com minério e rocha encaixante densos, paredes regulares e aplicável a qualquer possança.

Method that applies to ore deposits with a high inclination, with angles greater than 50º, with dense ore and host rock, regular walls and applicable to any strength.

The ore is excavated in horizontal slices, starting at the lower levels of the mine and moving upwards towards higher levels. Part of the ore recovered is temporarily left in place, serving as a work platform and supporting the rock mass itself. It is only when this is finished that the chamber is emptied.

5. Métodos por Desabamento – **Caving Methods**

Quando o planeamento é cuidado, o método torna-se de grande rendimento e económico, adaptando-se por isso, particularmente bem a jazigos de grandes reservas mas de minérios pobres e de baixos teores, jazigos de ferro, jazigos pobres de cobre e molibdénio e explorações diamantíferas em chaminés kimberlíticas.



Sublevel Caving

O corpo do minério é atravessado por galerias em vários entrepisos separados entre si verticalmente com uma distância entre 8 e 15 m. Cada entrepiso é desmontado por desabamento, por ordem descendente e em retirada.

The ore body is crossed by drifts in several sublevels separated from each other vertically with a distance between 8 and 15 m. In each sublevels the ore recovered by collapse, in descending order and hitting retreat.

A perfuração é feita em leque, direccionada de baixo para cima e as pegas de fogo executam-se a partir do tecto, em direcção ao muro, ou em direcção aos pontos de carga.

Drilling is done in a fan, directed from bottom to top and the blasting rouds are executed from the ceiling, towards the wall, or towards the draw points.

Fonte: Atlas Copco, underground mining methods, case studies.

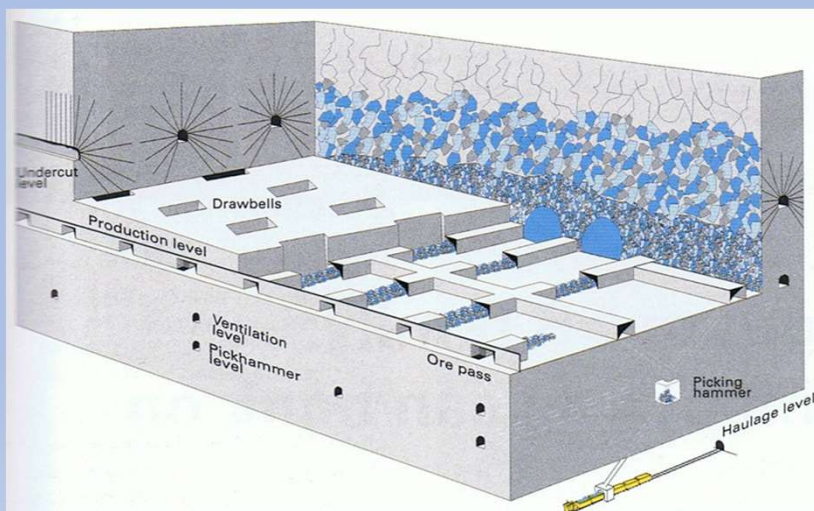
When planning is careful, the method becomes highly efficient and economical, adapting itself particularly well to ore deposits with large reserves but poor ores of low grade, iron deposits, deposits poor in copper and molybdenum and diamond exploration in kimberlite chimneys.

Block Caving

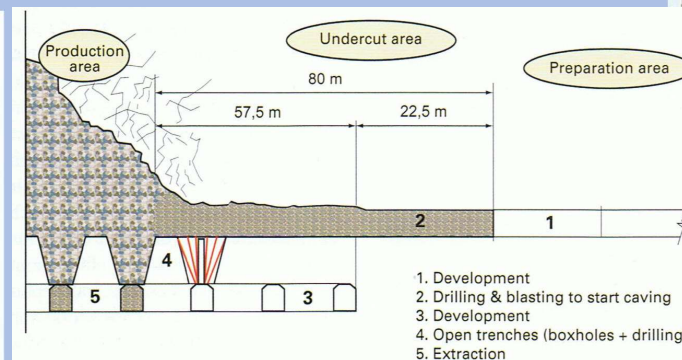
O minério é dividido em blocos de grandes dimensões, podendo possuir secções transversais, no plano horizontal superiores a 1000 m^2 . A parte inferior de cada bloco é completamente esmagada pela elevada pressão criada pela acção da gravidade, sendo removido o suporte do minério que lhe está por cima.

The ore is divided into blocks of large dimensions, which may have cross-sections, in the horizontal plane, greater than 1000 m^2 . The lower part of each block is completely crushed by the high pressure created by gravity, and the ore support above it is removed.

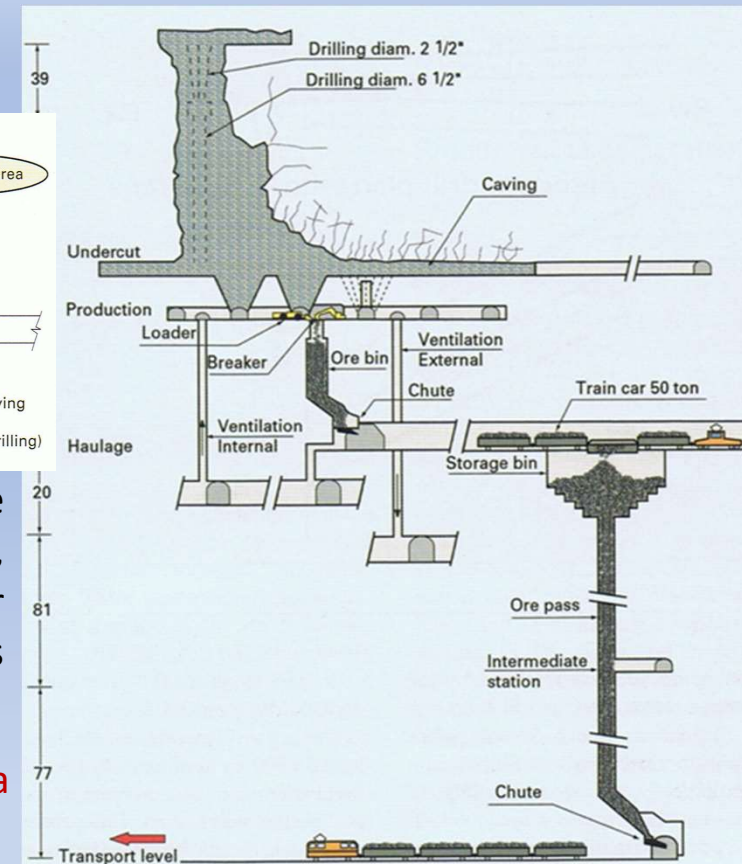
Mina de Cobre de El Teniente, Chile com o método de desmonte por desabamento total através da variante “**pré-undercut panel caving**”.



Fonte: Atlas Copco, underground mining methods, case studies.



Desenvolvimento do nível de produção atrás do nível de corte, obtendo-se assim uma melhor distribuição da libertação das tensões no maciço.



Development of the production level behind the cutting level, thus obtaining a better distribution of stress release in the massif.

Bibliografia

- Agricola, G., 1556 – De Re Metallica. Dover Publications, Inc. NY (1998). P. 638.
- Atlas Copco – Underground Mining Methods, first edition. P. 120.
- Cortez, J. A. S., - Métodos de Exploração. Estudos, Notas e trabalhos do Serviço de Fomento Mineiro, Vol. XVII, Fascs. 1-2; pp. 5-338.
- Gertsch, R. E., Bullock, R. L., 1998 – Techniques in Underground Mining. Society for mining Metallurgy and Exploration Inc. P. 823.
- Gibowicz, S., J.; Kijko, A., 1994 – An Introduction to Mining Seismology. Academic Press. P 399.
- Goodman, R.,E., 1993 – Engineering Geology, Rock in Engineering Construction. John Wiley & Sons, Inc. P 412.
- Hartman, H. L., 1987 – Introductory Mining Engineering. John Wiley & Sons, Inc. P 633.
- Hoek, E., Brown, E.T., 1990 – Underground Excavations in Rock. Institution of Mining and Metallurgy. P 527.
- Jimeno, C. L., Jimeno, E. L., - Drilling and Blasting of Rocks;; Geomining Technology Institute of Spain;
- Mckinstry, H. E., 1977 – Geología de Minas. Ediciones Omega, S.A. P 671.
- Orche, E., 2001 – Manual de Geología e Investigación de Yacimientos Minerales. Gráficas Arias Montano, S.A., Madrid. P 762.
- Orche, E., 1999 – Manual de Evaluación de Yacimientos Minerales. Gráficas Arias Montano, S.A., Madrid. P 762. P 300.
- Peters, W. C., 1978 – Exploration and Mining Geology. Department of mining and Geological Engineering The university of Arizona. John Wiley & Sons, Inc. P 696.
- Rzhovsky, V. V.,1985 – Opencast Mining Technology and Integrated Mechanization. Mir Publishers Moscow. P. 495.
- Singhal, R.K. et al, 1995 – Mine Planning and Equipment Selection 95. A. A. Balkema. P 1117.
- Thomas, L. J., 1973 – An Introduction to Mining, Revised Edition. Methuen of Australia. P 471.
- <https://www.e-education.psu.edu/geog000/node/898>