

Apunts de DISSENY D'EXCAVACIONS DE SUPERFÍCIE SURFACE MINING

Dr. Josep Oliva

Gener 2018



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH**

Campus d'Excel·lència Internacional



The Kalgoorlie operation consists primarily of the Super Pit open-pit mine, located along the Golden Mile ore bodies which were previously mined from underground. The mine is located adjacent to the town of Kalgoorlie approximately 550 kilometers east of Perth, Western Australia. Barrick holds a 50% interest with Newmont Mining Corporation holding the remaining 50% interest.



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH**

Campus d'Excel·lència Internacional



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH**

Campus d'Excel·lència Internacional

Malartic open mine pit (gold mine) of Agnico Eagle Mines and Yamana Gold

Els residents que viuen prop de la gran mina a cel obert, situada a 25 km a l'oest de Val d'Or, a la regió d'Abitibi de Quebec.



Freeport McMoRan's Grasberg is the world's largest gold mine and third largest copper operation. The Grasberg minerals district includes open-pit and underground mines.

Location: The remote highlands of the Sudirman Mountain Range in the province of Papua, Indonesia, which is on the western half of the island of New Guinea.

Ownership: 90.64% Freeport-McMoRan Inc. (FCX) (including 9.36% owned through our wholly owned subsidiary, PT Indocopper Investama); 9.36% the Government of Indonesia.



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional



Freeport McMoRan's Grasberg.



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH**

Campus d'Excel·lència Internacional



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH**

Freeport McMoRan's Grasberg.

Campus d'Excel·lència Internacional



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH**

Rio Tinto's iron ore operations in Australia's Pilbara region.

Campus d'Excel·lència Internacional

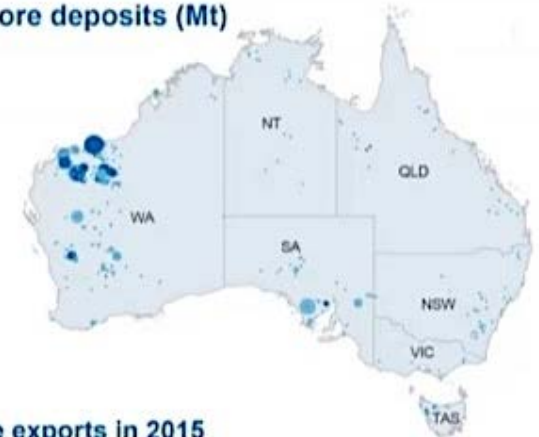
Here's why iron ore is key to Australia

Resources and Energy Quarterly September 2017



Major Australian iron ore deposits (Mt)

- <229
- 230-813
- 814-1,777
- 1,778-3,042
- 3,043-5,446
- >5,447
- Deposit
- Operating mine



Global share of iron ore exports in 2015



Global share of iron ore imports in 2015



Australia's iron ore key export destinations, 2016-17



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional



Los Pelambres es una empresa minera de **Antofagasta Minerals**, grupo minero chileno dedicado a la explotación y producción de concentrado de **cobre y molibdeno**.

La compañía opera desde fines de 1999 en la provincia de Choapa en la región de Coquimbo, Chile, con una **capacidad de procesamiento de 210.000 toneladas diarias** de mineral.





Iron ore mine in Pará, Brazil.



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional



BHP's Escondida, co-owned with Rio Tinto, is the world's largest copper-producing mine.
(Image courtesy of [BHP Billiton](#))



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional



BHP expects Escondida's output to reach 1.1 million tonnes (*Image courtesy of [BHP Billiton](#)*)



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional



Cerro Verde produced just under 500,000 tonnes of the red metal in 2016, making it Peru's largest copper mine (Freeport-McMoRan).



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH**

Campus d'Excel·lència Internacional

World's top 10 silver mines

Operation	Country	Major Owner(s)	Produced silver, million ounces		2016 to 2015, %	Silver grade in reserves, g/t	Mining method
			2016	2015			
<u>Saucito</u>	Mexico	<u>Fresnillo</u>	21.95	21.98	0	313	UG
<u>Escobal</u>	Guatemala	Tahoe	21.19	20.40	+4	351	UG
<u>Dukat</u>	Russia	<u>Polymetal</u>	19.80	22.40	-12	367	UG
<u>Cannington</u>	Australia	South32	18.24	22.24	-18	207	UG
<u>Antamina</u>	Peru	BHP / Glencore / Teck	18.07	15.42	+17	11	OP
<u>Penasquito</u>	Mexico	Goldcorp	17.90	25.93	-31	30	OP
<u>Uchucchacua</u>	Peru	Buenaventura	16.21	13.92	+16	445	UG
<u>Fresnillo</u>	Mexico	<u>Fresnillo</u>	15.87	15.61	+2	297	UG
<u>Pirquitas</u>	Argentina	Silver Standard	10.42	10.34	+1	145	OP
<u>Garpenberg</u>	Sweden	Boliden	9.71	9.27	+5	97	UG

<http://www.mining.com/worlds-top-10-silver-mines/>





Rio Tinto's Simandou iron ore project in Guinea
(<http://www.riotinto.com/guinea-10513.aspx>)



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional



Cerrejón es un complejo de minería y transporte integrado en La Guajira, departamento ubicado en el extremo norte de Colombia. Abarca una mina a cielo abierto de carbón térmico que produce más de 32 millones de toneladas al año, un ferrocarril de 150 km de largo y un puerto marítimo de cargue directo capaz de recibir buques de hasta 180.000 toneladas de capacidad. Emplea a 10.000 personas.



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional

(<http://www.cerrejon.com/site/nuestra-empresa.aspx>)



Night shift at Chuquibambilla, the world's largest open pit copper mine. (Image courtesy of Codelco via Flickr) (<https://www.codelco.com/>)

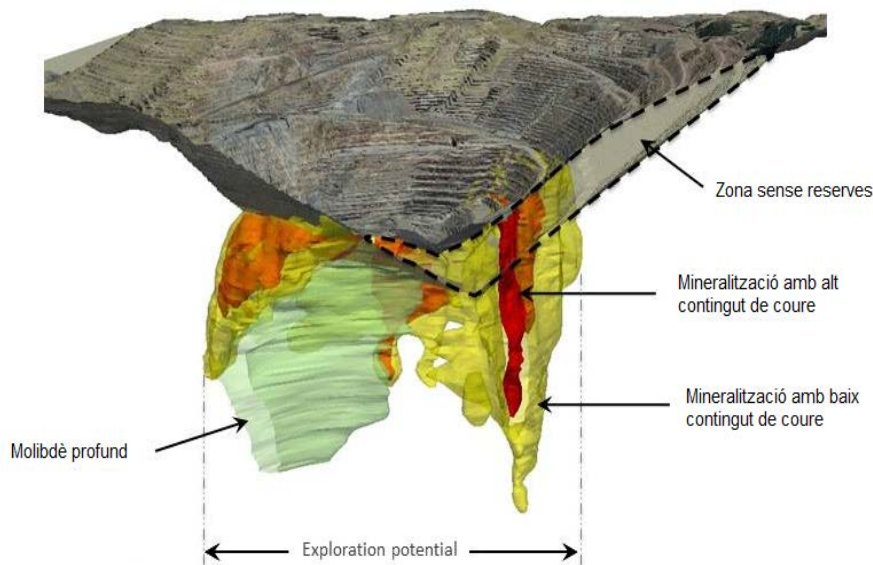




Copper's Bingham Canyon Mine, Utah, US.

Amb 4.43 km d'ample i 1,21 km de profunditat, és de les mines a cel obert més profundes del món. L'any 2018, serà d'uns 240 metres més profunda del que és avui.

És productora de coure i subproductes valuosos: or, plata i molibdè.




A A A [Icons] Search

Kennecott

Home About us Environment Economy Community Visitors center Careers

theKennection newsletter

[Learn more about our continued commitment to our community](#)



□ □ ■ □

Take a closer look

- Air quality
- Economy
- Community
- Environment

Quick links

- Rio Tinto Newsroom
- Educator resources
- Contractor toolkit
- Idle reduction

What's new

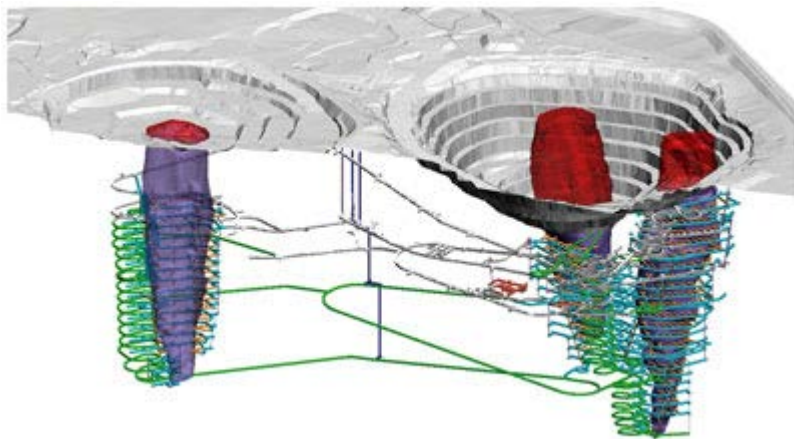
- Nov 06 2013 Mine access road opens
- Nov 06 2013 Mine access road opens at Rio Tinto Kennecott

<http://www.kennecott.com/>



Explore Kennecott's operations at the Bingham Canyon Mine





Diavik Diamond Mine

Located 310 kilometres northeast of Yellowknife, Ekati was Canada's first diamond mine. It has been in production since 1998, though exploration and development work dates back to 1981.

Diavik va assolir una fita important en la vida de la mina . Al setembre de 2012 , completem la nostra transició a una mina d'interior.

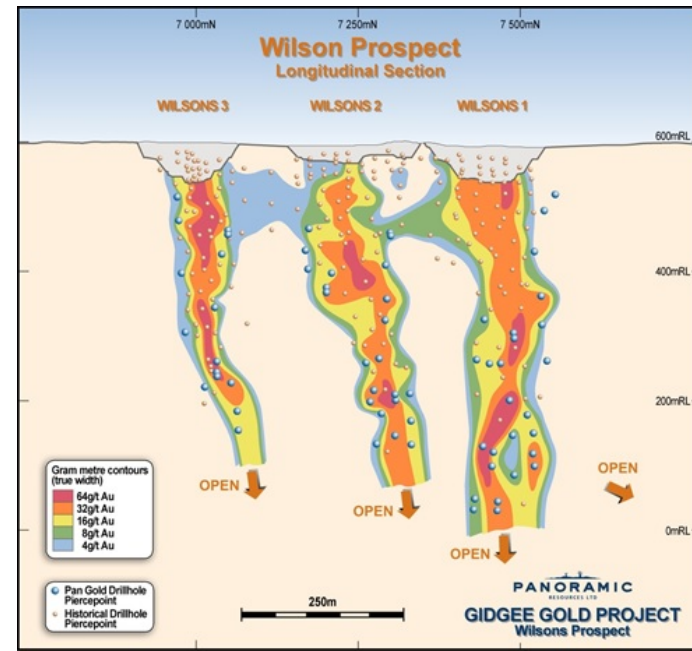
Una inversió d'aproximadament US \$ 800 milions dels propietaris, Rio Tinto i Dominion Diamond Corporation.

<http://www.diavik.ca/default.asp>





<http://www.panoramicresources.com/display/index/gidjee>



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional

Minera Escondida (BHP Billiton 57.5 per cent) is located in the Atacama Desert in the north of Chile. Escondida produces copper concentrate and copper cathodes. Escondida mine is the world's largest copper producer.





RESOURCES THAT FUEL GLOBAL GROWTH

Freeport-McMoRan Copper & Gold is a premier U.S.-based natural resource company with an industry leading global portfolio of mineral assets, significant oil and gas resources and a growing production profile.

SEARCH



COMPANY RESOURCES

- Recent News
- 2012 Annual Report
- 2012 Form 10-K
- Proxy

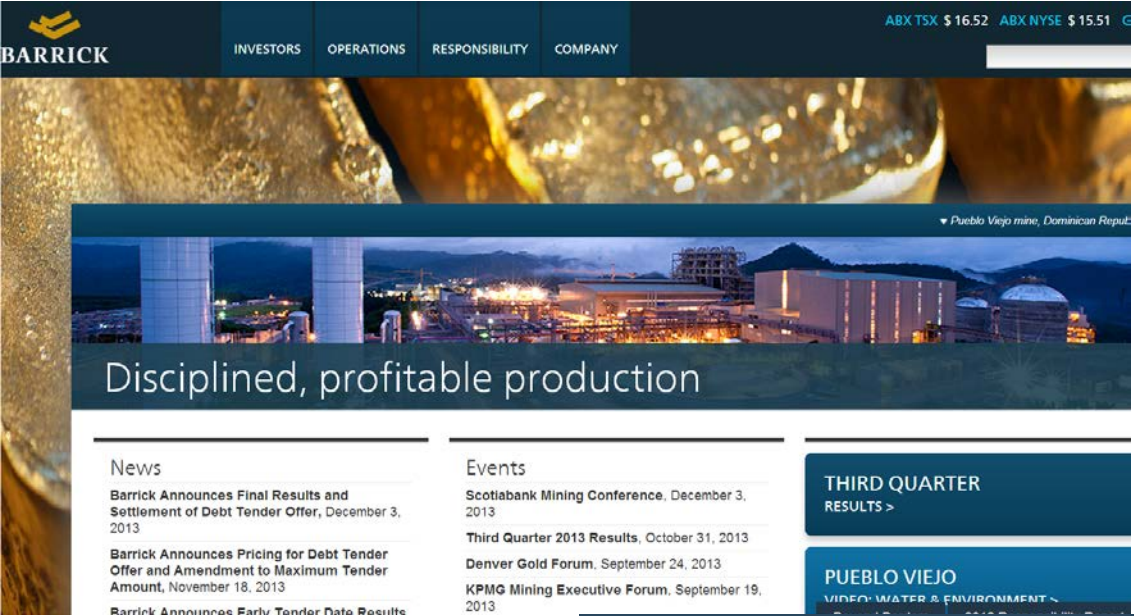
3Q13 FINANCIAL PACKAGE

- News Release

<http://www.fcx.com/index.htm>

<http://www.fcx.com/operations/videos.htm>

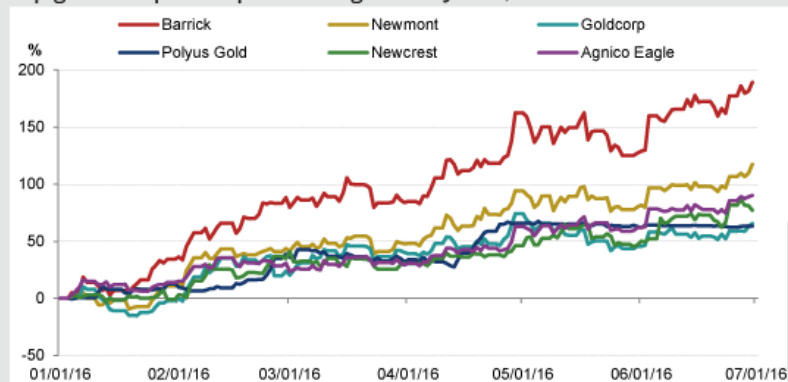




<http://www.barrick.com/>

NORTH AMERICA	SOUTH AMERICA	AUSTRALIA PACIFIC	COPPER	PROJECTS	EXPLORATION
CANADA Hemlo	ARGENTINA Veladero	AUSTRALIA Cowal	CHILE Zaldivar	ARGENTINA/CHILE Pascua-Lama	AFRICAN BARRICK GOLD
DOMINICAN REPUBLIC Pueblo Viejo (60%)	PERU Lagunas Norte	Kalgoorlie (50%)	SAUDI ARABIA Jabal Sayid	CHILE Cerro Casale (75%)	
UNITED STATES Bald Mountain Cortez Golden Sunlight Goldstrike Marigold (33%) Round Mountain (50%) Ruby Hill Turquoise Ridge (75%)	Pierina	Kanowna Plutonic	ZAMBIA Lumwana	TANZANIA Kabanga (50%)	
		PAPUA NEW GUINEA Porgera (95%)		UNITED STATES Donlin Gold (50%) Goldrush	

Top gold companies' price change since Jan. 1, 2016



Data as of July 6, 2016.
Includes the largest gold producers by market cap with at least 1.5 million ounces of attributable or consolidated 2015 production.

Source: SNL Metals & Mining, an offering of S&P Global Market Intelligence

GOLD PRICE
1,355.35 USD/OZT
12 JUL '16



One troy ounce is defined as exactly 31.1034768 g



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional

Efecte a la borsa del preu del metall en el mercat.

Top 25 metals & mining companies ranked by Q2'16 market cap

Ranking				Company	Trading symbol and exchange	Market cap (US\$M)	Market cap change from (%)	
End-Q2'16	End-Q1'16	End-Q2'15	End-Q1'16				End-Q2'15	
1	1	1	BHP Billiton	BHP-ASX	71,098	8.7	-34.3	
2	2	2	Rio Tinto	RIO-LON	56,375	7.2	-24.9	
3	3	3	Glencore	GLEN-LON	29,313	-9.9	-44.2	
4	4	4	Coal India	533278-BOM	29,287	5.0	-29.9	
5	9	18	Barrick	ABX-US	24,877	57.2	100.4	
6	7	5	Vale	VALES-BSP	24,183	21.3	-15.5	
7	6	6	Norilsk Nickel	GMKN-ME	20,980	2.7	-22.3	
8	5	9	Southern Copper	SCCO-US	20,875	-2.6	-11.1	
9	11	20	Newmont	NEM-US	20,754	47.2	68.0	
10	8	8	Grupo Mexico	GMEXICO.B-MEX	18,163	-4.0	-22.7	
11	19	41	Fresnillo	FRES-LON	16,140	60.0	100.8	
12	12	16	Goldcorp	GG-US	15,922	17.9	18.4	
13	17	60	Polyus Gold	PLZL-ME	14,008	29.2	139.3	
14	13	11	Freeport-McMoRan	FCX-US	13,949	7.8	-28.0	
15	10	7	Potash Corp. of Saskatchewan	POT-TSX	13,561	-5.4	-47.5	
16	16	45	Franco-Nevada	FNV-TSX	13,443	22.7	79.8	
17	20	42	Newcrest	NCM-ASX	13,121	31.3	71.3	
18	18	10	Anglo American	AAL-LON	12,492	22.5	-38.3	
19	14	14	Agrium	AGU-TSX	12,433	1.6	-17.8	
20	29	54	Agnico Eagle	AEM-TSX	11,734	46.6	90.5	
21	24	19	Saudi Arabian Mining	1211-TSE	11,438	29.3	-7.4	
22	15	22	Hindustan Zinc	500188-BOM	11,249	-4.0	1.5	
23	27	53	Randgold Resources	RRS-LON	10,490	22.5	67.2	
24	38	49	Silver Wheaton	SLW-TSX	10,300	54.0	47.0	
25	21	15	Zijin Mining	2899-HKG	9,926	1.4	-34.1	

Data as of July 6, 2016.

Company list obtained from mining-focused companies included in the most recent Industry Monitor.

Defunct companies not included in rankings.

Source: SNL Metals & Mining, an offering of S&P Global Market Intelligence

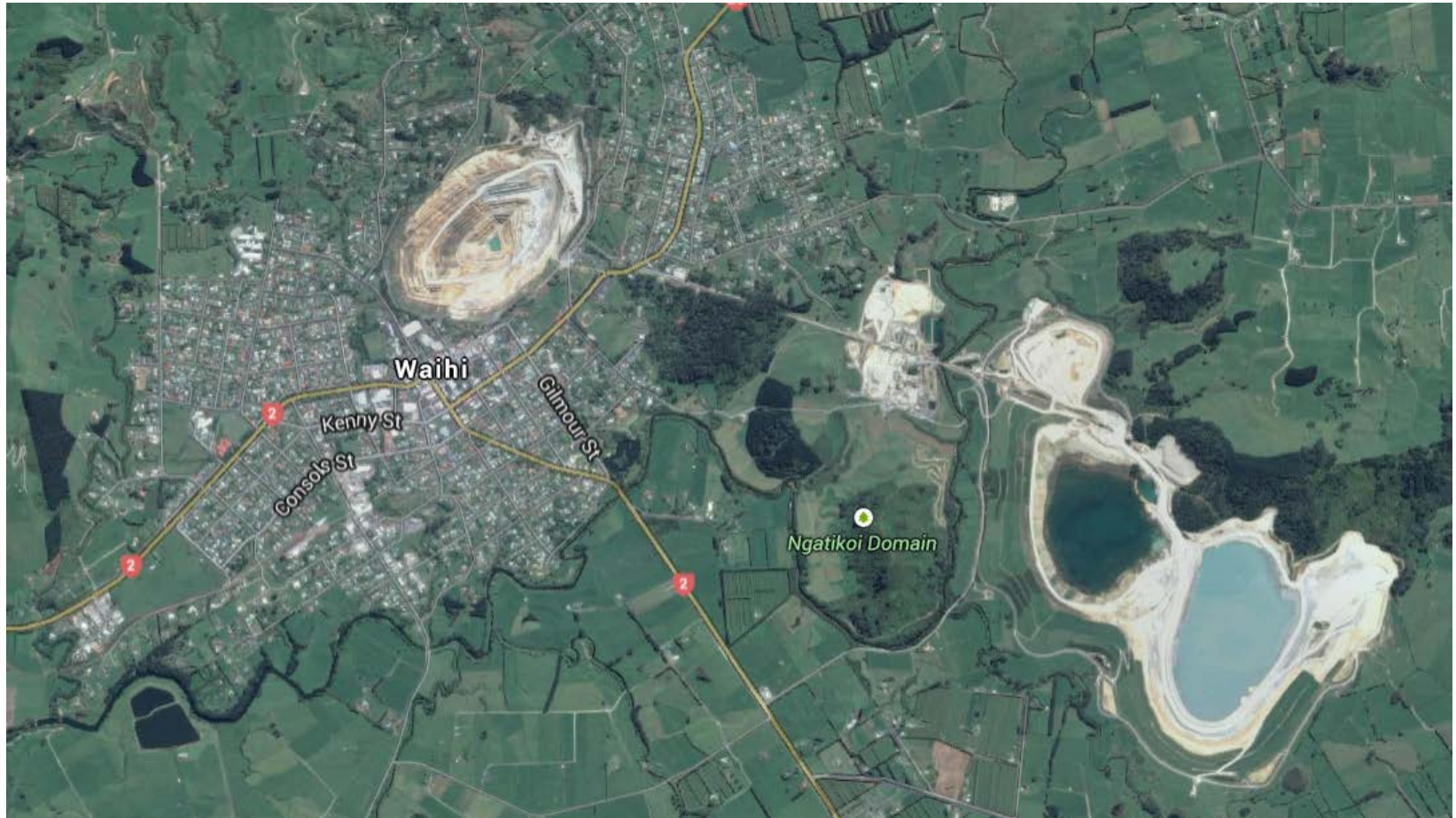
OPEN PIT MINE “urbana”



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional

On és?



Waihi, Nova Zelanda



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional

Qui ho explota?

The screenshot shows the Newmont website interface. At the top, the 'NEWMONT' logo is on the left, and 'Sitemap' and a search box are on the right. A navigation bar below the logo contains links for 'Home', 'Reports and Plans', 'Community Updates', 'Blast Times', 'Media Releases', and 'Contact us'. A secondary navigation bar includes 'MOBILE', 'Exploration', 'Mining' (which is highlighted), 'Health & Safety', 'Environment', 'Community', 'Education', and 'History'. The main content area is titled 'Mining' and features a sidebar with 'Martha Mine' and a list of sub-topics: 'Favona and Trio underground mines', 'The mining process', 'Cyanide, pH and acid drainage', and 'Waste rock and tailings'. The main text area is titled 'Martha Mine' and contains a paragraph describing the project's history and location. Below this is a section titled 'Martha open pit' with an aerial photograph of the mine. A final paragraph describes the mining process and future plans. At the bottom of the page, a dark footer contains 'Home', 'Reports and Plans', 'Community Updates', and 'Waihi' (with a sub-paragraph about the township's location).

NEWMONT Sitemap SEARCH

Home Reports and Plans Community Updates Blast Times Media Releases Contact us

MOBILE Exploration **Mining** Health & Safety Environment Community Education History

Mining

Martha Mine


- Favona and Trio underground mines
- The mining process
- Cyanide, pH and acid drainage
- Waste rock and tailings

[Mining](#) » Martha Mine

Martha Mine

The Martha project was the first major hard rock mining operation to be commissioned following the resurgence of the gold mining industry in New Zealand in the late 1970s. The Martha Mine is situated in the Waihi township, and the processing plant, waste rock embankments, water treatment plant and Favona Mine are located two kilometres away in a rural area. Because of its location, Waihi mining operations have received a high level of public scrutiny. This is reflected by the stringent conditions set for the projects.

Martha open pit



Mining at Martha is by open pit methods. Ore and waste rock are crushed at the surface facilities area prior to transportation along a 2.7 kilometre conveyor. On arrival at the processing plant gold and silver are extracted from the ore using conventional carbon-in-pulp treatment methods. Waste rock is used to construct an engineered earth embankment to contain the tailings. A water treatment plant treats excess water prior to discharge. Mining within the open pit is currently focussed on laying back the eastern wall, a project that will see mining activity continue until 2014.

Home Reports and Plans Community Updates **Waihi**

Waihi township is situated near the east coast of the North Island, within ninety minutes' drive of half the

<http://www.waihigold.co.nz>



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional

Com ho veu la comunitat?



Living Next To An Open Cast Gold Mine - Waihi Central School

<https://www.youtube.com/watch?v=Y3Ys4450ndE>



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional

Solwara to become the first project commercial deep-sea mining in the world. Inici 2019.

Canada's Nautilus Minerals

<http://www.nautilusminerals.com/s/Home.asp>



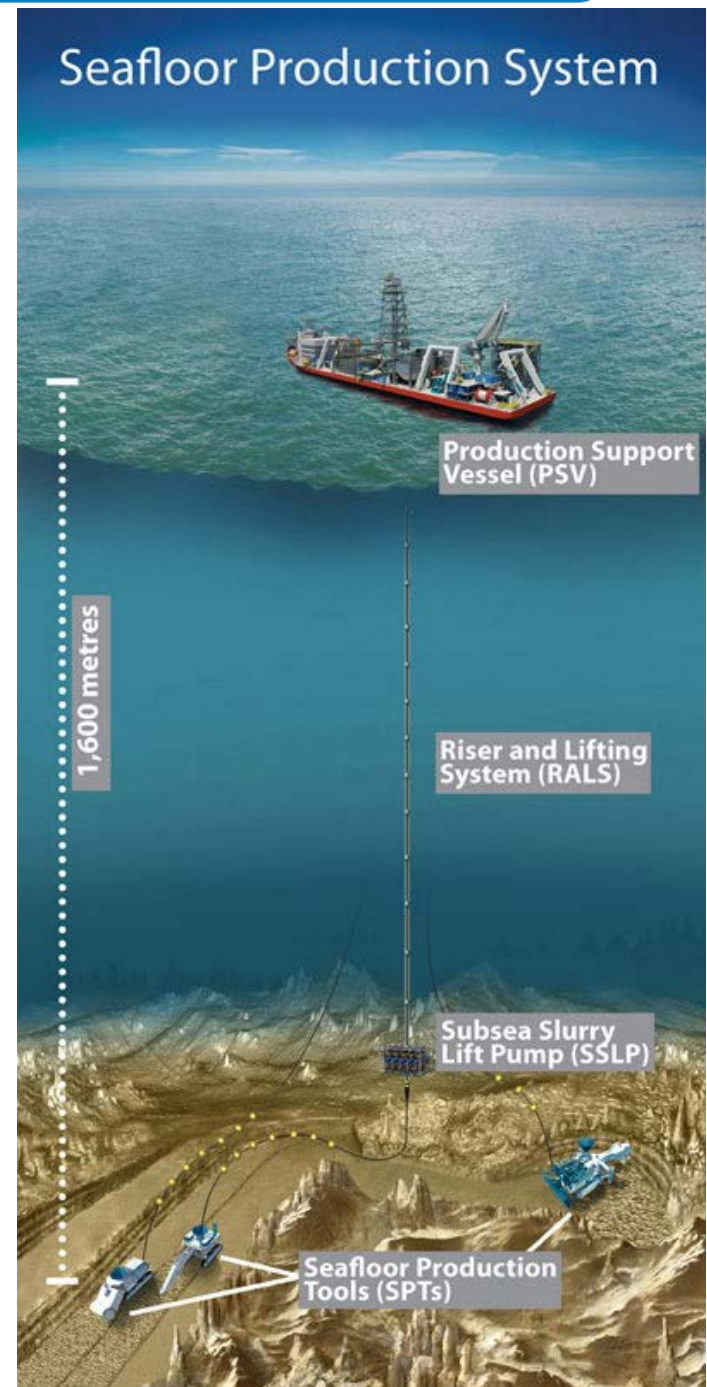
Computer rendition of Nautilus' floating base. (Courtesy of Nautilus Minerals)

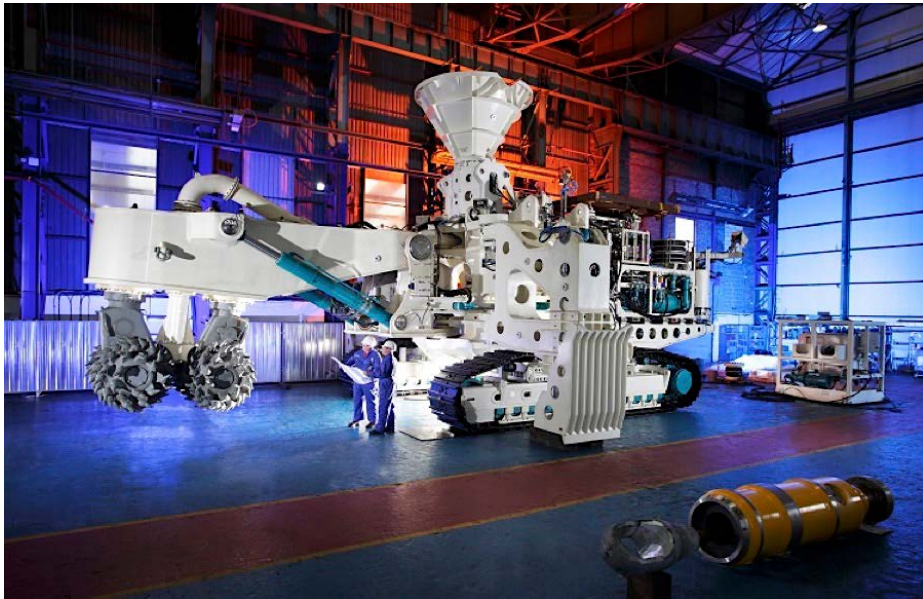
Solwara 1: gold, copper and silver project off the coast of Papua Guinea in early 2019



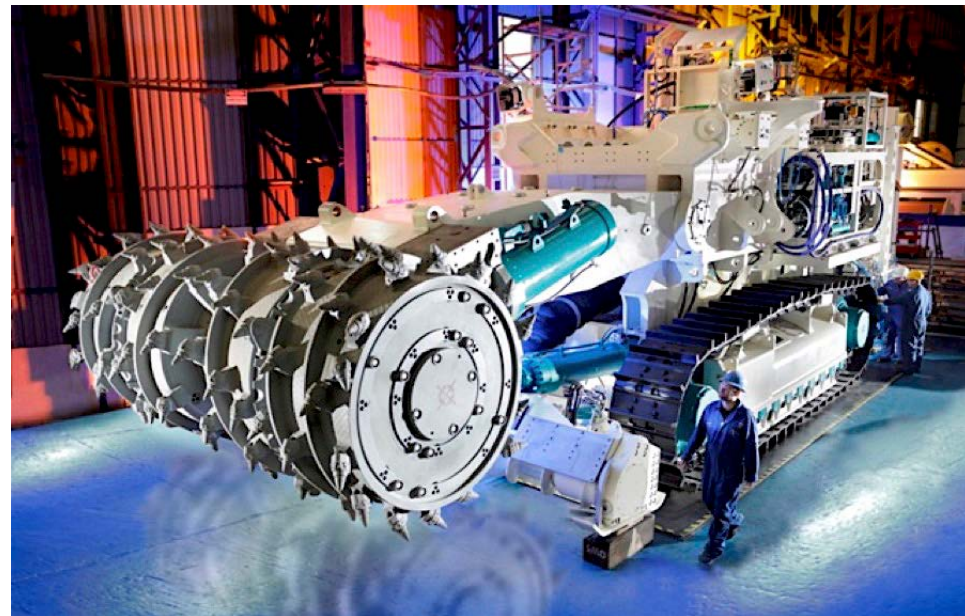
UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional





The company's seafloor production machines, each the size of a small house, are equipped with massive rock-crushing teeth. (Courtesy of Nautilus Minerals)



An auxiliary cutter goes along the sea floor first, removing rough terrain and creating benches for the other machines to work on. It has a boom-mounted cutting head for flexibility. (Courtesy of Nautilus Minerals)



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH**

Campus d'Excel·lència Internacional

BHP

Mining capacity by 65 million tonnes to 290 million tonnes a year by June 2017.

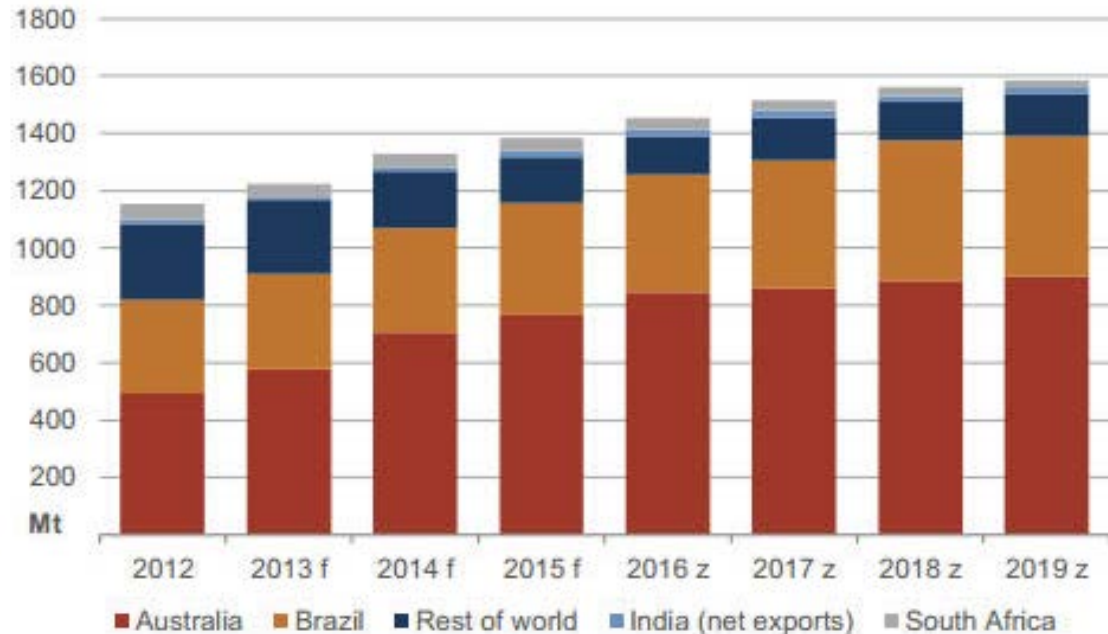
Production costs to less than \$20 a tonne from \$27.50 for the 2014. To become the lowest cost miner.

Rio Tinto

Cost of \$20.40 a tonne in the first half of 2014.

<http://www.mining.com/iron-ore-war-rio-tinto-not-standing-still-over-bhps-production-boost-15174/>

World iron ore export sources



f BREE forecast. z BREE projection

Sources: BREE; UNCTAD.

Source: Bureau of Resource and Energy Economics



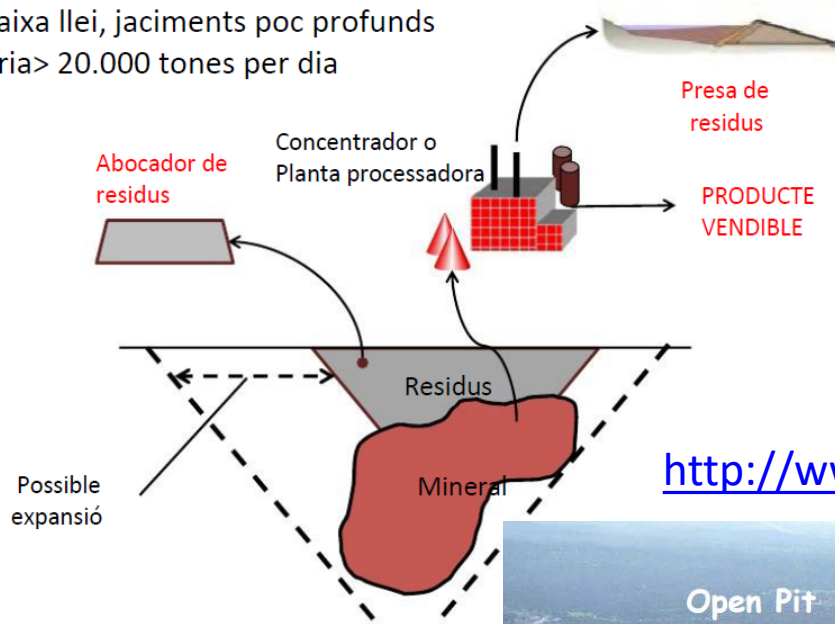
Top 50 Mining Companies

Company	Headquarters	Value (\$bn)	Focus
BHP Billiton	Melbourne, Australia	75.2	Diversified
Rio Tinto	Melbourne, Australia	60.7	Diversified
Shenhua Energy	Dongcheng, China	40.8	Coal
Glencore	Baar, Switzerland	31.0	Diversified
Coal India	Kolkata, India	29.2	Coal
Vale	Rio de Janeiro, Brazil	23.6	Steel Raw Materials
Barrick Gold	Toronto, Canada	23.1	Precious Metals
Southern Copper	Phoenix, United States	22.1	Base Metals
Mitsui	Tokyo, Japan	21.2	Diversified
Norilsk Nickel	Moscow, Russia	20.5	Base Metals
Newmont	Denver, United States	18.7	Precious Metals
Grupo Mexico	Mexico City, Mexico	17.5	Base Metals
Goldcorp	Vancouver, Canada	14.8	Precious Metals
Freeport-McMoRan	Phoenix, United States	14.5	Base Metals
PotashCorp	Saskatoon, Canada	14.2	Industrial Minerals
Anglo American	London, United Kingdom	13.8	Diversified
Fresnillo	Mexico, Mexico	13.3	Precious Metals
Agrium	Calgary, Canada	13.2	Industrial Minerals
ALCOA	Pittsburgh, United States	12.8	Base Metals
Franco-Nevada	Toronto, Canada	12.6	Royalty
Newcrest Mining	Melbourne, Australia	12.5	Precious Metals
Sumitomo	Chuo-Ku, Tokyo, Japan	12.5	Diversified
Agnico Eagle	Toronto, Canada	11.2	Precious Metals
HZL	Udaipur, India	11.1	Base Metals
Zijin Mining	Shanghai County, China	11.1	Diversified
Copac	Las Condes, Chile	11.2	Diversified
JX Holdings	Tokyo, Japan	9.8	Diversified
China Coal Energy	Chaoyang, China	9.5	Coal
Mosaic	Plymouth, United States	9.4	Industrial Minerals
Albemarle	Baton Rouge, United States	9.3	Industrial Minerals
Randgold Resources	Jersey, United Kingdom	9.0	Precious Metals
ANTAM	Jakarta, Indonesia	8.9	Diversified
CHALCO	Beijing, China	8.8	Base Metals
Silver Wheaton	Vancouver, Canada	8.5	Royalty
Marubeni	Tokyo, Japan	7.9	Diversified
Shandong Gold Mining	Jinan, China	7.9	Precious Metals
Fortescue Metals	East Perth, Australia	7.8	Steel Raw Materials
China Northern Rare Earth	Baotou, China	7.6	Rare Earth
Korea Zinc	Seoul, South Korea	7.6	Base Metals
Industrias Penoles	Mexico City, Mexico	7.3	Base Metals
Teck	Vancouver, Canada	7.2	Diversified
Shaanxi Coal	Xian, China	7.0	Coal
Anglo American Platinum	Johannesburg, South Africa	6.9	Precious Metals
Jiangxi Copper	Guixi City, China	6.9	Base Metals
Turquoise Hill Resources	Vancouver, Canada	6.9	Base Metals
Yanzhou Coal	Zoucheng, China	6.9	Coal
Uralkali	Berezniki, Russia	6.7	Industrial Minerals
FMC	Philadelphia, United States	6.5	Industrial Minerals
AngloGold Ashanti	Johannesburg, South Africa	6.4	Precious Metals
South32	Perth, Australia	6.3	Diversified



La mineria a cel obert

En general de baixa llei, jaciments poc profunds
Producció minera > 20.000 tones per dia



<http://www.lundinmining.com/s/AguaBlanca.asp>

The Aguablanca nickel and copper mine is a single open-pit and underground mine

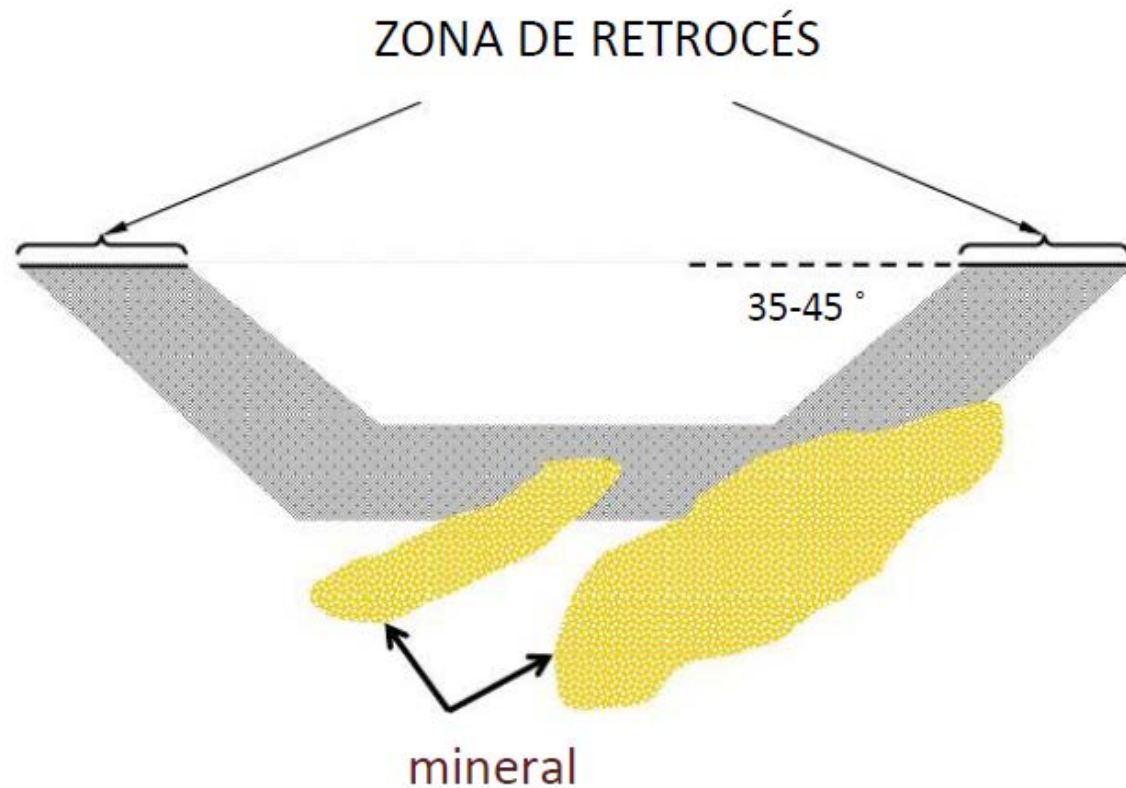


UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional

Per anar més profund, és necessari el retrocés

Cal minar alguns residus per arribar al mineral



INTRODUCCIÓ

L'enginyeria ha estat definida com:

"l'art d'aplicar la ciència i la matemàtica a: l'ús econòmic dels materials; a l'ús les forces existents a la natura o produïdes adequadament; amb l'aportació d'uns estudis i de la seva experimentació ".



INTRODUCCIÓ

"Mining Engineering Handbook" L' AIME estableix tres àrees fonamentals de l'Enginyeria Minera:

- Les ciències de la Terra (**Geologia / Prospecció**);
- El disseny de les explotacions (**Conreu**);
- El tractament dels minerals
(**Mineralúrgia/Processament de Minerals**).



INTRODUCCIÓ

John V. Beall, El 1973, classificava les operacions essencials de la tecnologia minera en:

1. - Exploració i avaluació del cos mineralitzat
2. - Disseny i enginyeria del mètode d'exploració
3. - Arrancada
4. - Càrrega i transport
5. - Serveis
6. - Manteniment de la maquinària i organització del treball
7. - Planificació i control
8. - Tractament del mineral pel seu benefici.



INTRODUCCIÓ

Tecnologia Minera o Conreu de Mines:

El conjunt de coneixements relatius als mètodes, sistemes, processos, màquines i instruments que permetran l'extracció de la matèria primera necessària per l'obtenció d'uns productes minerals, segons les especificacions establertes en la seva comercialització i en base a uns criteris econòmics.



INTRODUCCIÓ

Els mètodes miners els podem agrupar en tres grans grups:

- Minería de superfície (**SURFACE MINING**)
- Minería subterrània (**UNDERGROUND MINING**)
- Minería per sondejos (**BOREHOLE MINING**)



SISTEMES D'EXTRACCIONS CONTÍNUA

El arrencada dels minerals i roques, per la interacció mecànica d'una eina, màquina o peça sobre la roca que venç la seva resistència i cohesió i que permet una extracció i transport en forma continuada.

- Minería pels sondejos de petroli, l'aigua i d'altres líquids o gasos.
- Minería de les rozadores en tall llarg, de les rotopales, els minadors continus, les dragues o la minería hidràulica.



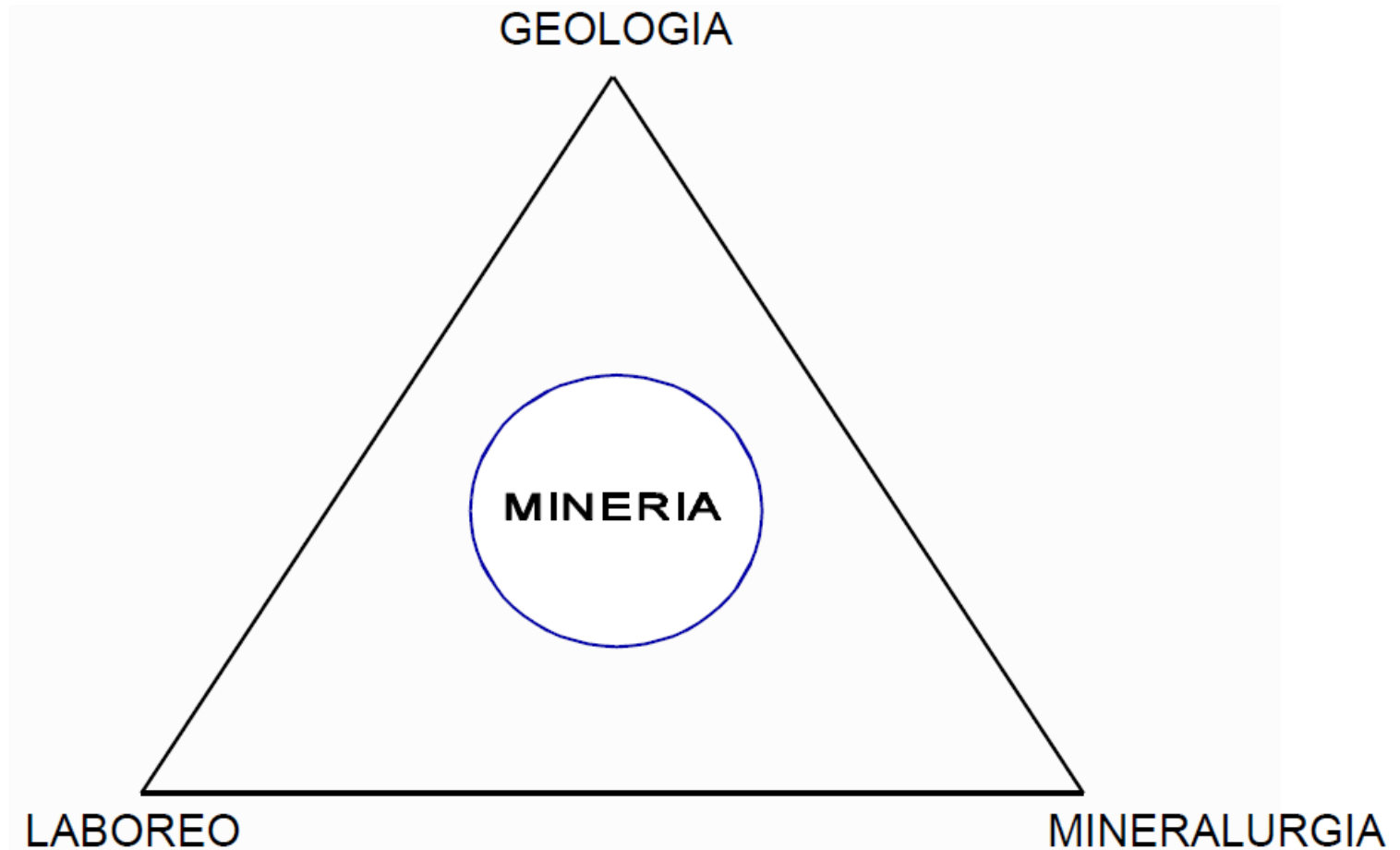
SISTEMES D'EXTRACCIONS DISCONTÍNUA

El arrencada dels minerals o materials rocosos s'efectua, generalment, per uns procediments cíclics, pendulars i iteratius utilitzant molt diferents tècniques, energies i procediments.

Mitjançant sistemes mecànics, elèctrics, els impactes, les químiques, l'erosió, la hidràulica, el làser, la calor i molt especialment el clàssic i molt estès ús de la voladura amb explosius.



DIAGRAMA DE LA MINERIA



MINERIA

L'esforç de la confirmació i avaluació de les reserves, el porta a terme el **enginyer geòleg**.

El treball de l'extracció i transport l'executa el **enginyer de mines**.

El procés d'enriquiment o concentració que realitza el **enginyer de processament de minerals**.

Per aconseguir, finalment, un producte vendible que respongui a aquella demanda del mercat.



DEFINICIÓ L'MINERAL

Tota aquella substància del regne mineral que investigada, extreta, concentrada, transportada i venuda produeix un benefici econòmic.

Quedant, doncs, només exclosos els vegetals i animals i totes aquelles substàncies minerals que produeixin pèrdues econòmiques.



INDUSTRIES MINERALS

Roques

1. Gran tonatge i poc valor del producte.
2. Inesgotables reserves, bé distribuïdes per tot el món.
3. Orientació cap al mercat.
4. Gran competència entre els productes.
5. Localització pròxima a ciutats de gran consum, excepte per raons ecològiques.
6. Poc control de qualitat.

Metà·liques

1. Gran valor del producte i poc tonatge.
2. Major problema d'esgotament de reserves que de la seva substitució per altra substància.
3. Orientació cap a la tecnologia (exploració, conreu i tractament).
4. Recuperació de les ferralles
5. Distribució irregular en el món.
6. Petits jaciments.



INDUSTRIES MINERALS

Industrials

1. Poc tonatge i gran qualitat
2. Mercats captius molt exigents.
3. Especificacions molt rígides.
4. Control de qualitat en exploració, mina i en les plantes de procés.
5. Perill de substitució del producte més que d'esgotament de les reserves.

Combustibles

1. Gran tonatge i gran valor.
2. Competència internacional per al control del subministrament i abastiment.
3. Canvis freqüents de l'esquema de les fonts de la producció energètica.
4. Sota nivell de recuperació dels recursos dels jaciments explotables.
5. Gran competència entre els diferents minerals que es substitueixen entre sí fàcilment.



DEFINICIONS

Indicis, S'han de denominar així a les existències de dades tècniques, històrics, administratius i fins i tot verbals que poden indicar l'aparició d'algun valor representatiu d'una anomalia, Com com denúncies, mostres, afloraments, velles labors mineres, històries locals, Existència d'unes formacions geològiques similars i fins i tot d'algun sondeig o diàgrafo.

Vivers, Que són aquelles estructures geològiques determinades relativament en un espai concret, Però sense arribar a tenir encara els suficients dades de la quantitat i la qualitat que permetran passar a una valoració econòmica.

Jaciments, Que són aquells vivers que, havent estat avaluats en el seu disposició espacial, En la seva distribució, pel que fa al seu tonatge i lleis, i fins i tot havent estudiat seu mètode possible d'explotació, però que, encara, estan per desenvolupar o que han estat aturats conjunturalment per raons polítiques, tecnològiques o econòmiques.



DEFINICIÓ DE MINA

És l'explotació que està en operació i que té una producció regular, que aconsegueix seva comercialització i amb això genera un flux d'ingressos i despeses que dóna com a resultat real un benefici econòmic i / o social.



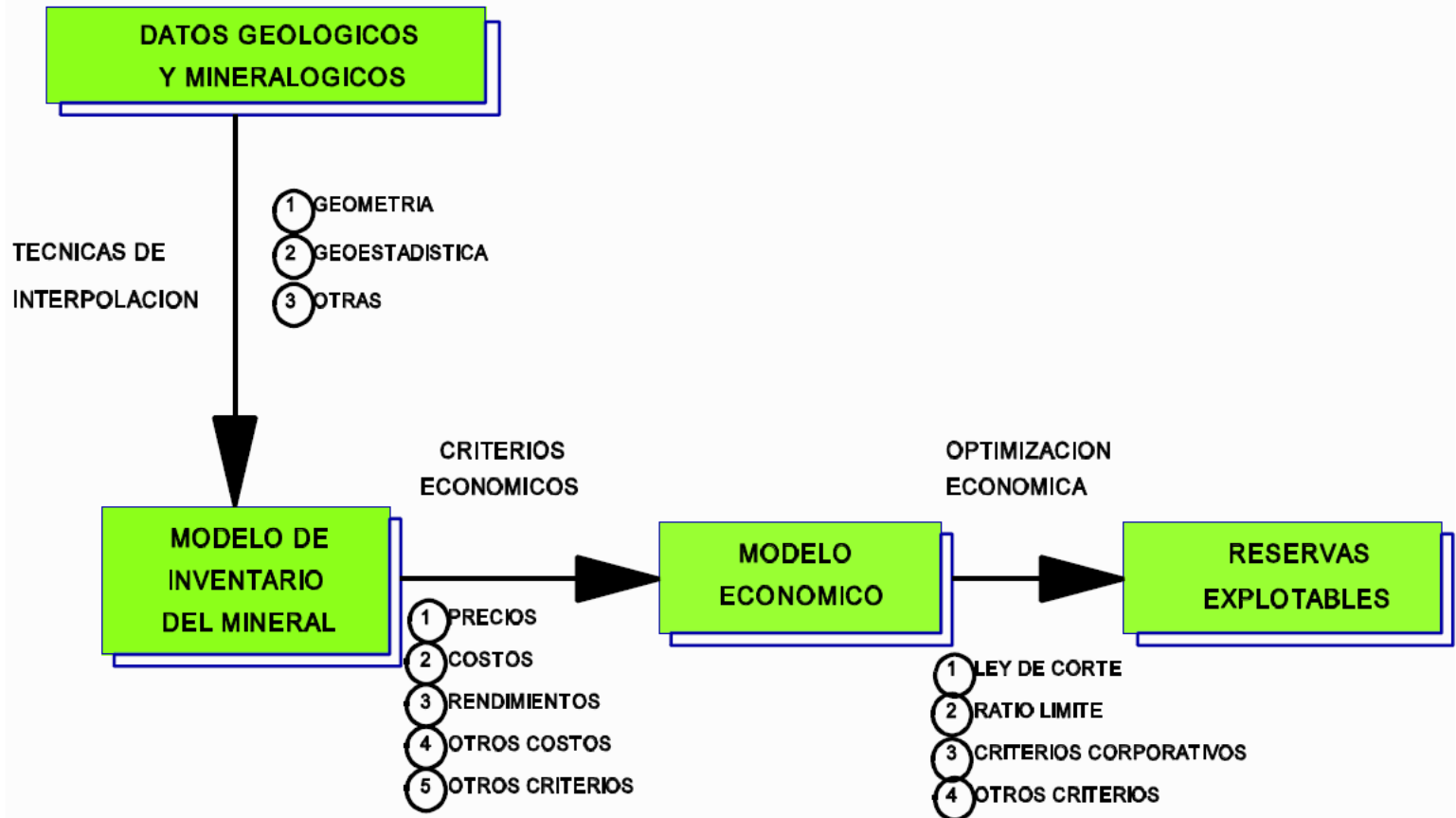
MODEL DEL LA MINERALITZACIÓ

La presentació de les avaluacions, haurà, dur a terme a través d'un inventari que es presentarà, generalment, en forma de corbes (tones-lleis), seccions, plantes, maquetes, matriu de blocs, gràfiques 3D, etc.



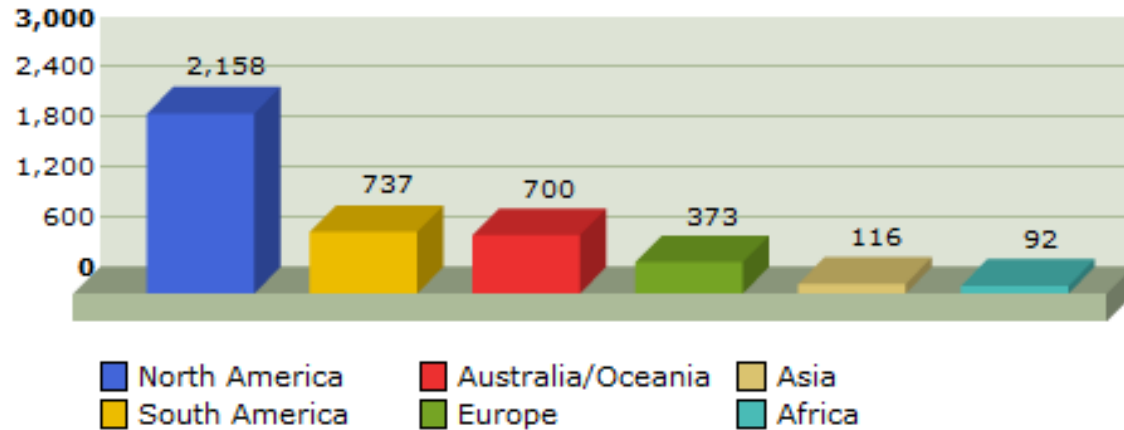
ESTIMACIONES DE RESERVES

PASOS EN LA ESTIMACION DE RESERVAS DE MINERAL EXPLOTABLE

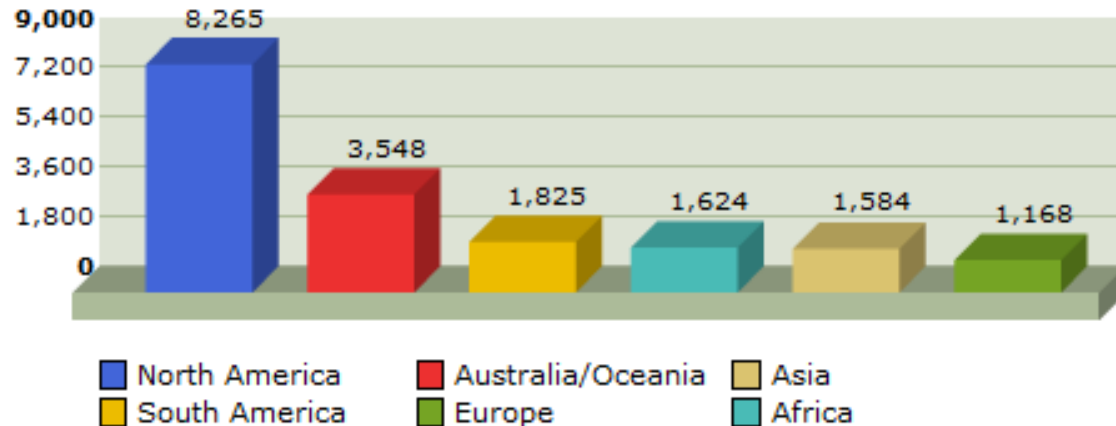


INDÚSTRIA MINERA - DADES

Companies per zona:

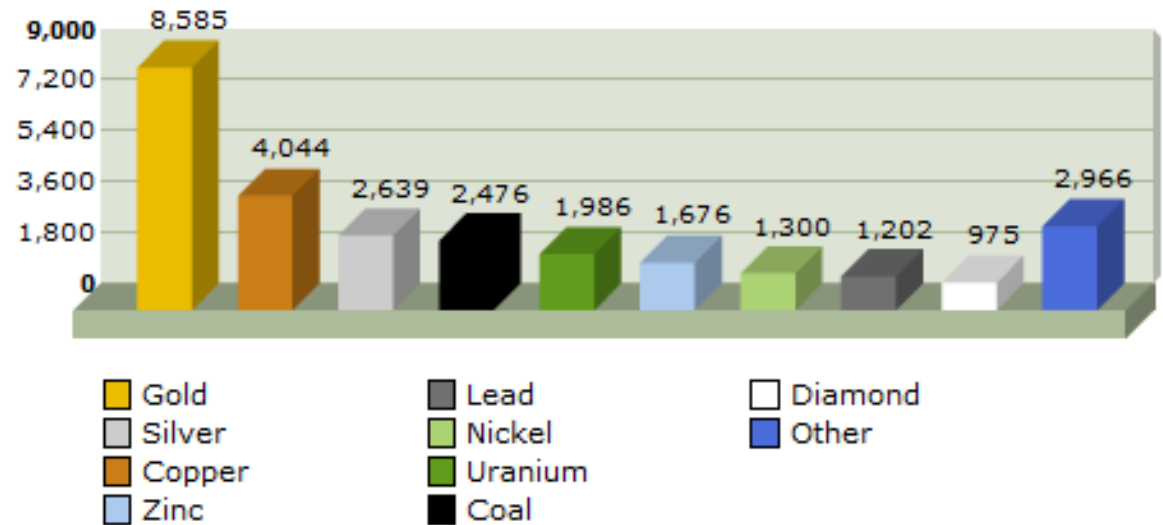


Mines per zona:

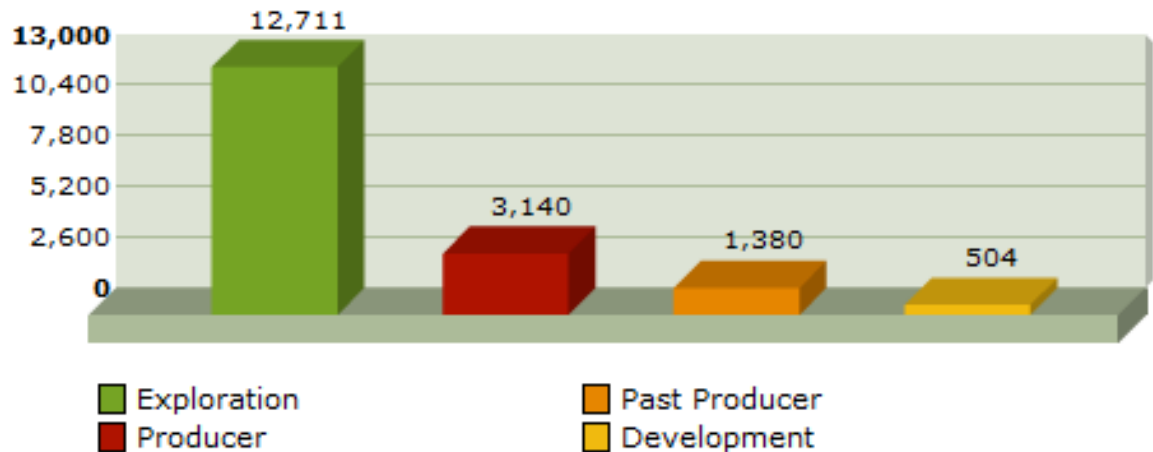


INDÚSTRIA MINERA - DADES

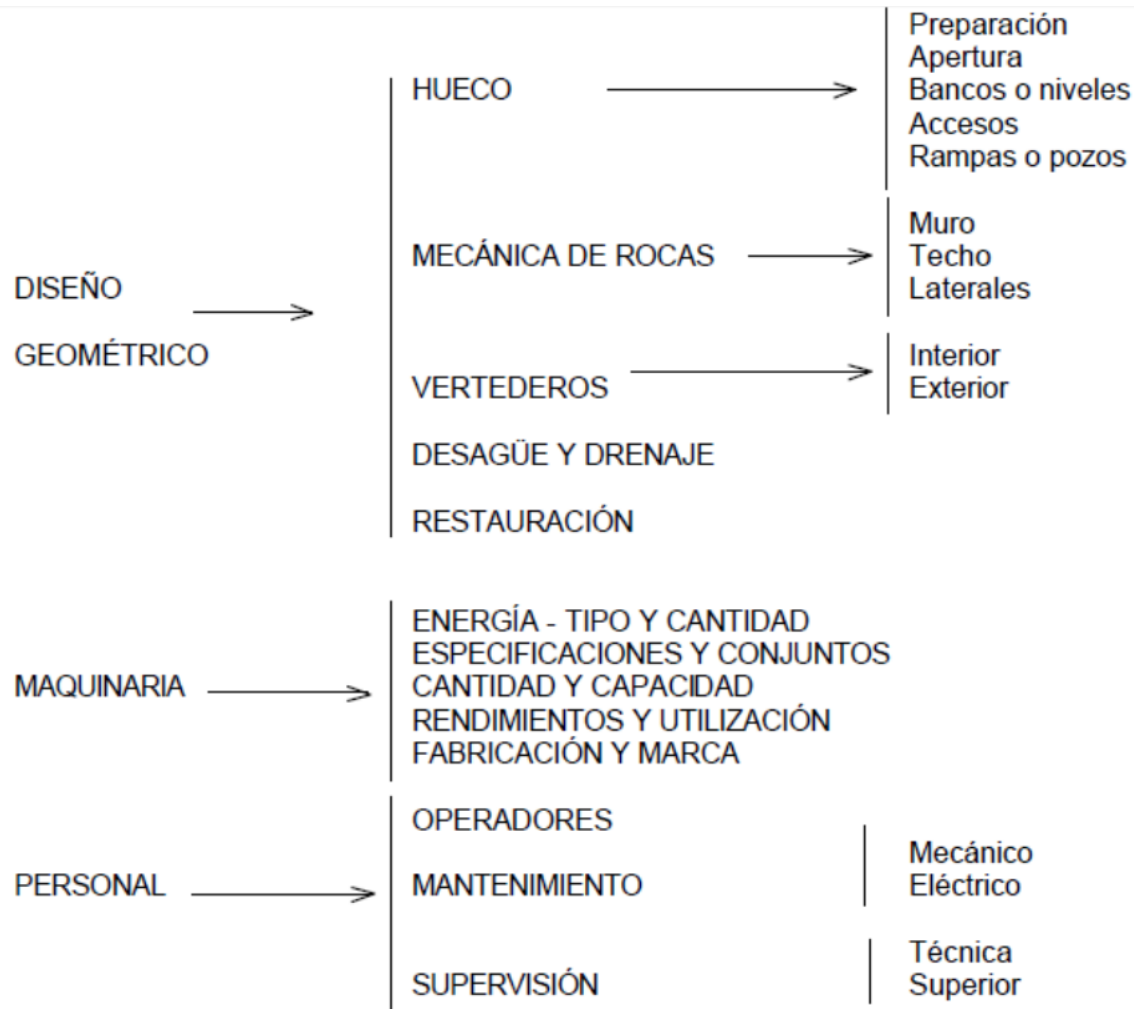
Mines per mineral:



Segons l'estat:



ELEMENTS DEL CONREU DE MINES





Terminal de càrrega de mineral de ferro més gran del món a Port Hedland, Austràlia.

Font: INFOMINE



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH**

Campus d'Excel·lència Internacional

CLASSIFICACIÓ DELS JACIMENTS PER LA SEVA FORMA

Isomètrics:

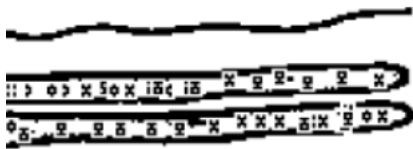
Dipòsits massius amb unes dimensions més o menys similars en totes les direccions, amb uns elevats potencials de recursos. Són els casos de les pedreres de roques, graveres d'àrids, grans mines de ferro, dipòsits de bauxita, etc.



CLASSIFICACIÓ DELS JACIMENTS PER LA SEVA FORMA

Estratificats o filonians:

Dipòsits que són preferentment estesos en dues de les dimensions i en general amb unes relativament limitades reserves. Són els casos dels jaciments de carbó, fosfats, sals, bauxita, petroli, etc, Generalment són unes estructures d'una sedimentació tranquil·la i regular.



CLASSIFICACIÓ DELS JACIMENTS PER LA SEVA FORMA

Columnars o cilíndrics:

S'estenen en una sola direcció preferent, generalment la vertical, i amb un limitat volum de recursos. Són els casos dels filons de metalls preciosos, de roques industrials i d'alguns minerals metàl·lics molt rics, amb una major o menor potència. Generalment són unes formacions amb una gènesi de tipus hidrotermal i amb una tectònica molt accidentada.



CLASSIFICACIÓ DELS JACIMENTS PER LA SEVA FORMA

Complexos:

Quan el dipòsit té dislocacions geològiques que el doblen amb sinclinals i anticlinals successius.



CLASSIFICACIÓ DELS JACIMENTS PER LA SEVA FORMA

Estructures intermèdies:

Com lents, escates, filons, doblegats, fallats o tectònicament complicats. Existeix una variada representació de combustibles, metalls o minerals industrials en estructures cada vegada més difícils i complexes amb unes gènesis mixtes de hidrotermalisme, tectònica i metamorfisme.



CLASSIFICACIÓ DELS JACIMENTS PER LA SEVA FORMA

La morfologia dels jaciments marca acusadament:

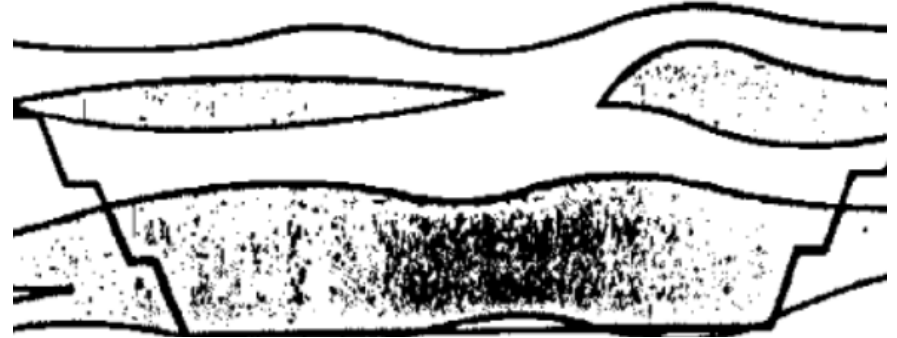
1. La geometria final de les explotacions;
2. La seqüència d'extracció i;
3. El mètode miner més adequat.



CLASSIFICACIÓ PER EL RELLEU DEL TERRENY ORIGINAL

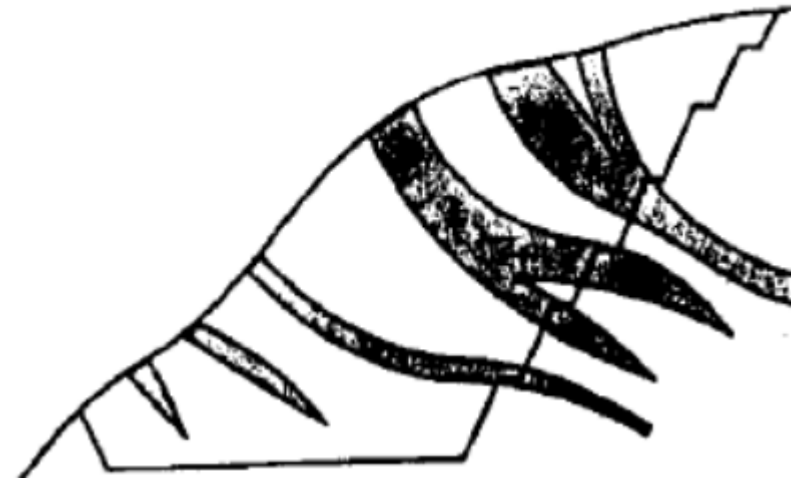
Horizontals o plans:

Quan la superfície és relativament plana o horitzontal.



En vessant:

Segons disposició de masses mineralitzades, poden ser a favor de talús o contra talús.



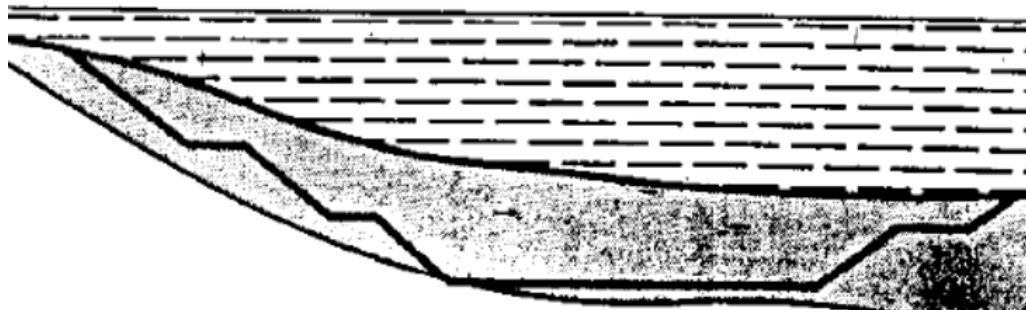
CLASSIFICACIÓ PER EL RELLEU DEL TERRENY ORIGINAL

Muntanyencs:

Quan el terreny és irregular i es presenten importants accidents topogràfics.

Submarins i subaquàtics:

Quan estan coberts per una làmina d'aigua.



CLASSIFICACIÓ PER LA SEVA PROXIMITAT A LA SUPERFÍCIE

Superficials:

Quan no hi ha material de recobriment o aquest presenta un gruix inferior als 20 o 30 m.

- **Profunds:**

Localitzats a profunditats majors, entre els 40-250 m.

- **Variables:**

Aquells en què una part és econòmicament explotable a cel obert i la resta, en anar desenvolupant-se en profunditat, per mineria subterrània o d'interior.



CLASSIFICACIÓ PER LA SEVA PROXIMITAT A LA SUPERFÍCIE

La posició d'un jaciment pot ser, pel que fa a la superfície, **regular o irregular**, no podent-se classificar en alguns casos en un únic grup dels indicats en compartir característiques pròpies de diversos grups.

La posició relativa d'un jaciment determina la mida de l'explotació, tant en planta com en profunditat, així com els sistemes aplicables, especialment pel que fa als mitjans.



CLASSIFICACIÓ PER LA SEVA INCLINACIÓ

Horizontals:

Amb angles que poden variar des dels 0° fins als $10-15^\circ$ sobre el pla horitzontal.

Estirats:

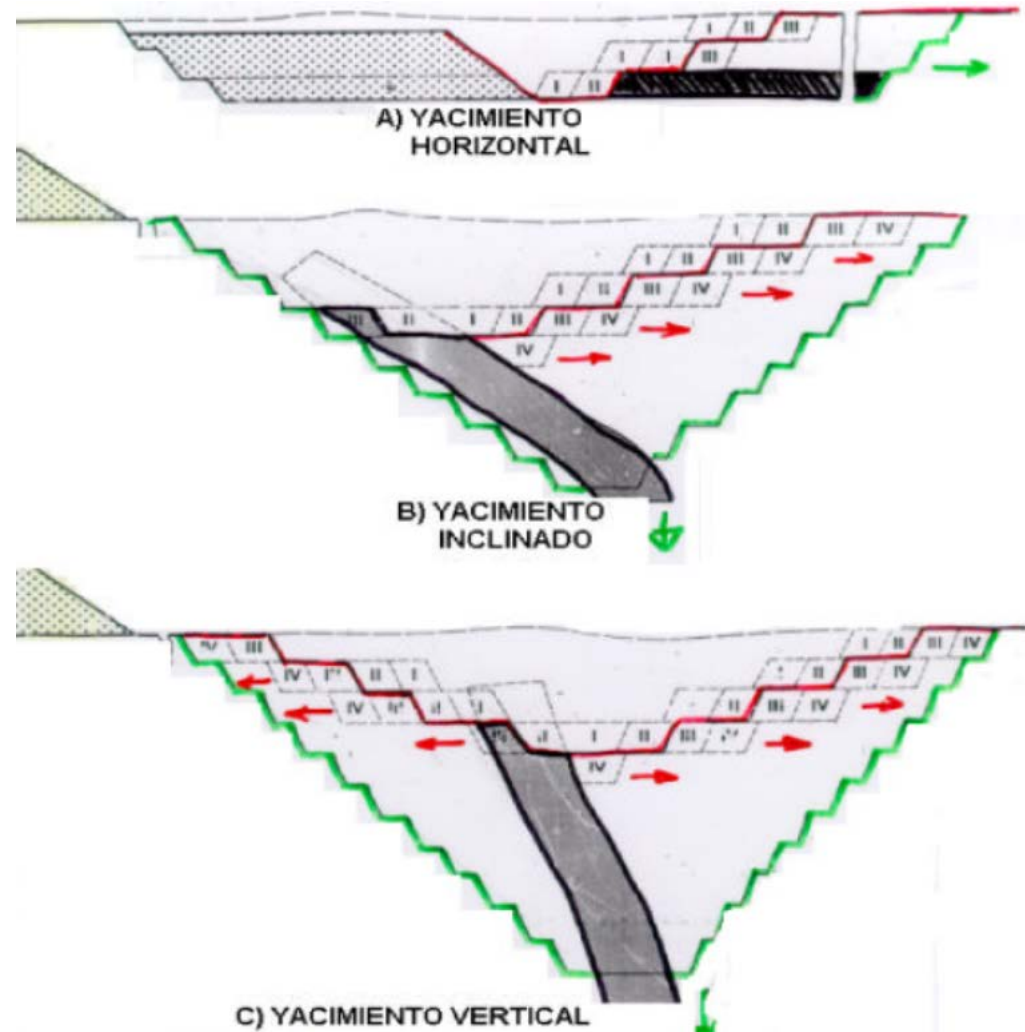
Angles entre $10-15^\circ$, fins els $25-35^\circ$.

Inclinats:

Angles que superen els $25-35^\circ$ i arriben fins als $70-80^\circ$.

Verticals:

Angles compresos entre els $70-90^\circ$.



CLASSIFICACIÓ PER LA SEVA COMPLEXITAT O NOMBRE DE MINERALITZACIONS

Simples.

Caracteritzats per una estructura homogènia, sense presència d'altres nivells de mineralitzacions o inclusions. Tots els minerals s'extreuen conjuntament del jaciment.

Complexos.

Poden contenir, juntament amb minerals amb altes lleis, masses de mineral pobre o estèrils amb contactes clars. L' explotació es realitza de forma selectiva per evitar la pèrdua o dilució del mineral aprofitable. En altres casos, són dipòsits amb diferents masses o nivells mineralitzats, que obliguen a una explotació més complexa, tot i que els contactes amb l'estèril siguin nítids.

Dipòsits disseminats.

Poden tenir una complicada estructura i una distribució més o menys aleatòria del contingut recuperable. Obliga a una forta mineria selectiva així com a una molt difícil concentració mineralúrgica.



CLASSIFICACIÓ PER LA DISTRIBUCIÓ DE LA QUALITAT DEL MINERAL AL JACIMENT

Uniformes.

La qualitat o llei del mineral és la mateixa dins dels límits del jaciment. L'explotació es fa amb un o diversos talls, però sense procedir a la barreja de els minerals extrets.

No Uniformes.

La mineralització presenta qualitats diferents en alguna direcció del jaciment (en planta o en profunditat). L'explotació s'efectua de forma simultània en diverses zones per, a continuació, procedir a la barreja i homogeneïtzació de els minerals extrets.



CLASSIFICACIÓ PEL TIPUS DE ROCA DOMINANT

- El recobriment de estèril i el mineral són roques compactes, metamòrfiques o ígnies.
- El recobriment està constituït per roques ígnies o metamòrfiques no homogènies, amb alternança d'estèrils tous i durs. El mineral i intrusions d'estèrils són roques compactes o meteoritzades i també de origen igni o metamòrfic.
- Les roques del estèril de recobriment són toves i denses, amb el mineral i roques de intrusió compactes o meteoritzades, de
- origen igni o metamòrfic.
- Tant el recobriment com la zona mineralitzada estan constituïdes per roques ígnies o metamòrfiques meteoritzades.
- Les roques de recobriment són toves i sedimentàries. El mineral no és homogeni.
- El recobriment i el mineral són tous i de origen sedimentari.



CLASSIFICACIÓ PER LA MIDA

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

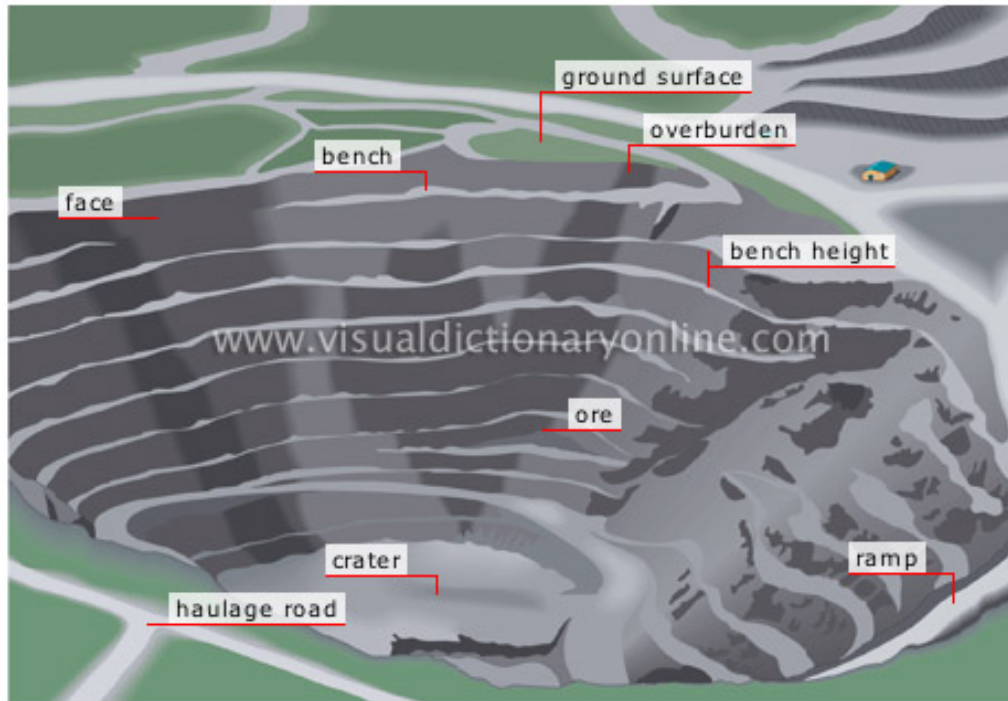


MINERIA DE SUPERFÍCIE - SURFACE MINING

Mineria de superfície o a cel obert (MCA) ve definida com el conjunt de les operacions mineres, que són necessàries per dur a terme la extracció de les roques i minerals des de la superfície, creant els necessaris buits i excavacions al terreny.



MINERIA DE SUPERFÍCIE - SURFACE MINING



Cràter - crater

La depressió que forma el fons de la mina, és un resultat de l'extracció dels dipòsits.

Transports per pista - haulage road

L'accés per pista que condueix al front, i que s'utilitza per transportar el mineral a la planta de tractament.

Alçada de banc - bench height

Distància vertical entre els plans horitzontals de dos bancs.



MINERIA DE SUPERFÍCIE - SURFACE MINING

Rampa – ramp

Pista entre dos bancs, que està inclinada de manera que els vehicles motoritzats poden treure el mineral extret dels diferents nivells.

Capa sostre - overburden

Part del sòl que cobreix les capes mineralitzades, i que es retira per arribar al dipòsit.

Superfície del terreny - ground surface

La terra que cobreix el dipòsit.

Cara - face

Superfície vertical creada per extreure el mineral.

Banc – bench

Els nivells que estan disposats com esglaons d'una escala i des del qual el mineral s'extreu.



MINERIA DE SUPERFÍCIE - SURFACE MINING

En mineria a cel obert (MCA), així com la seva més freqüent denominació internacional:

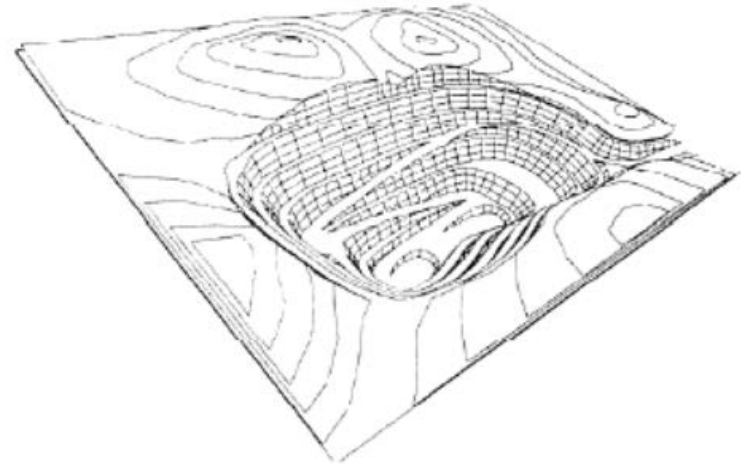
1. Roques per a la construcció i ornamentació: **PEDRERES (QUARRY)**.
2. Roques amb continguts en metalls o dipòsits massius de minerals metàl·lics. (Fe, Cu, Pb, Zn, pirites, Ni, ...) - **CORTES (OPEN PIT)**.
3. Jaciments sedimentaris superficials (carbons, lignits, bauxites, fosfats,...) – **MINERIA PER TRANSFERÈNCIA (STRIP MINING)**.
4. Plaers sedimentaris hidràulics (Au, Sn, W, diamants,...) **MINERIA HIDRÀULICA - DRAGATGE (DREDGING)**.
5. Roques solubles (U, Au, Sal, Cu, S,...) Dissolució i precipitació. **LIXIVIACIÓ (LEACHING)**.



CORTES- OPEN PIT MINING

En jaciments massius o de capes inclinades, la explotació es porta a terme **tridimensionalment per talús descendent**, amb seccions verticals en forma troncocònica.

Aquests mètodes són els tradicionals de la mineria metàl·lica i es van adaptar a les últimes dècades als jaciments de carbó, introduint algunes modificacions.



Esquema de una corta minera



Mina de Palabora.
Cortesia: Rio Tinto



CORTES- OPEN PIT MINING

L'extracció, en cada nivell, es realitza en un **banc amb un o diversos talls**. Hi ha d'haver un **desfasament entre bancs** per tal de disposar d'unes plataformes de treball mínimes perquè operin els equips al seu màxim rendiment i en condicions de seguretat. Les **pistes de transport s'adapten als talussos finals, o a l'activitat, permetent l'accés a diferents cotes**.



CORTES- OPEN PIT MINING

La **profunditat d'aquestes explotacions solen ser grans**, arribant-se en alguns casos a superar els 300 m. Les possibilitats de farcit de buit amb els propis estèrils són escasses. Per això és sempre necessari crear dipòsits exteriors per a albergar aquests materials.

La **vida d'aquestes explotacions sol ser gran**, en general superior als 15 o 20 anys, si més no en la mineria metàl·lica, existint algunes explotacions ben conegudes que han treballat durant més d'un segle.

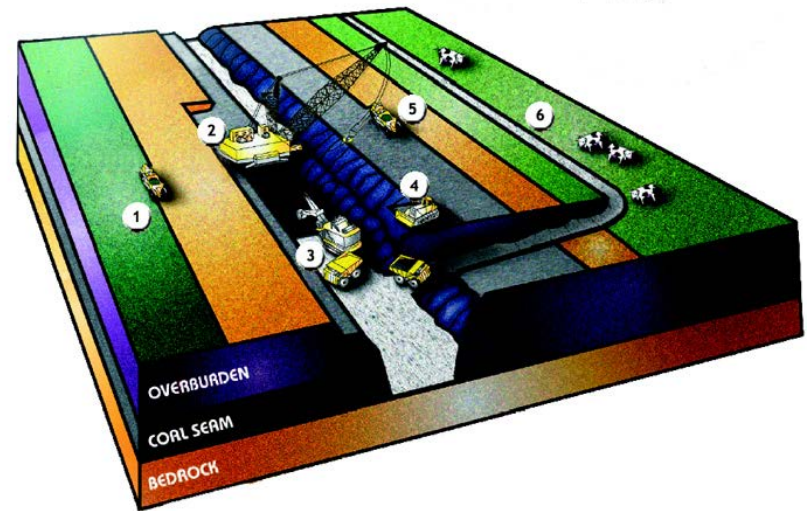
Pel que fa a les cortes de carbó, l'obertura va tenir lloc, en la majoria dels casos, a mitjans dels anys 1970, sol ser **viable la transferència dels estèrils als buits creats**, ja que els jaciments són allargats i un cop assolida la fase de buit inicial en un extrem del dipòsit, és factible fer el rebliment.



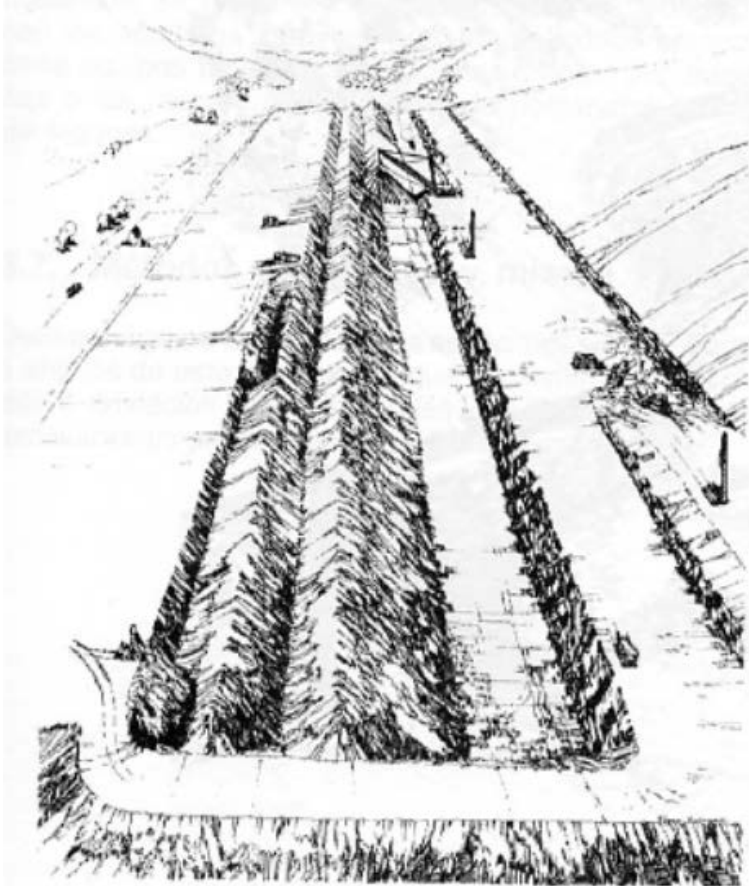
MINERIA PER TRANSFERÈNCIA – STRIP MINING

Aquests mètodes s'apliquen en **jaciments estirats o horitzontals**, amb uns recobriments de estèril inferiors, en general, als 50 m.

Consisteix en l'**avanç unidireccional d'un mòdul amb un sol banc** des del qual s'efectua l'arrencada de l'estèril i **abocament d'aquest al buit de les fases anteriors**. El mineral és llavors extret des del fons de la explotació, que coincideix amb el mur del dipòsit.



MINERIA PER TRANSFERÈNCIA – STRIP MINING



Descubierta de carbón

Després de realitzar l'excavació del primer mòdul o buit inicial, **l'estèril dels següents és convertit en el propi buit de les fases anteriors**, mètodes de transferència.

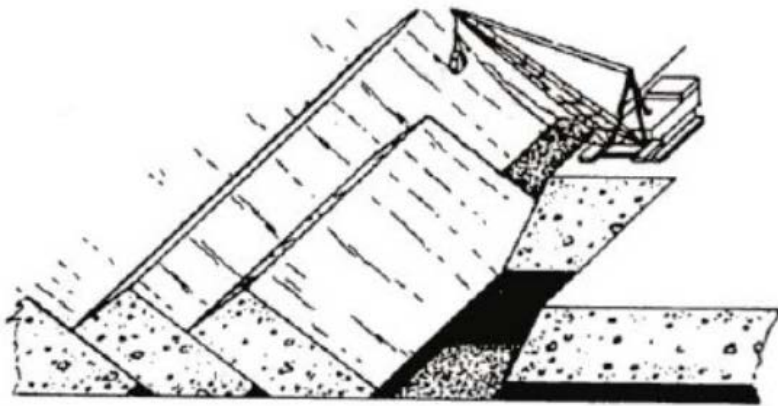
La maquinària que s'utilitza depèn del volum de reserves extraïbles, sent en les grans mines de freqüent aplicació les dragalines i, en les petites, si no es justifiquen les fortes inversions en maquinària, els equips convencionals com els tractors d'erugues, les excavadores hidràuliques, les pales carregadores, etc.



MINERIA PER TRANSFERÈNCIA – DESCOBERTA

Els dos sistemes clàssics són:

- 1) El **sistema americà, de caràcter discontinu i també denominat per descoberta**.
L'arrencada es realitzava antigament bé mitjançant les anomenades "excavadora de desmunt" o per mitjà d'una **dragalina de grans dimensions de cullera**, sent aquest el sistema que roman actualment. També la transferència té un caràcter discontinu. S'utilitza majoritàriament en mineria del carbó entre altres minerals i presenta com avantatge el que, al mateix temps que es desenvolupa l'explotació, permet una regeneració i rehabilitació de la superfície agrícola, forestal o ramadera.

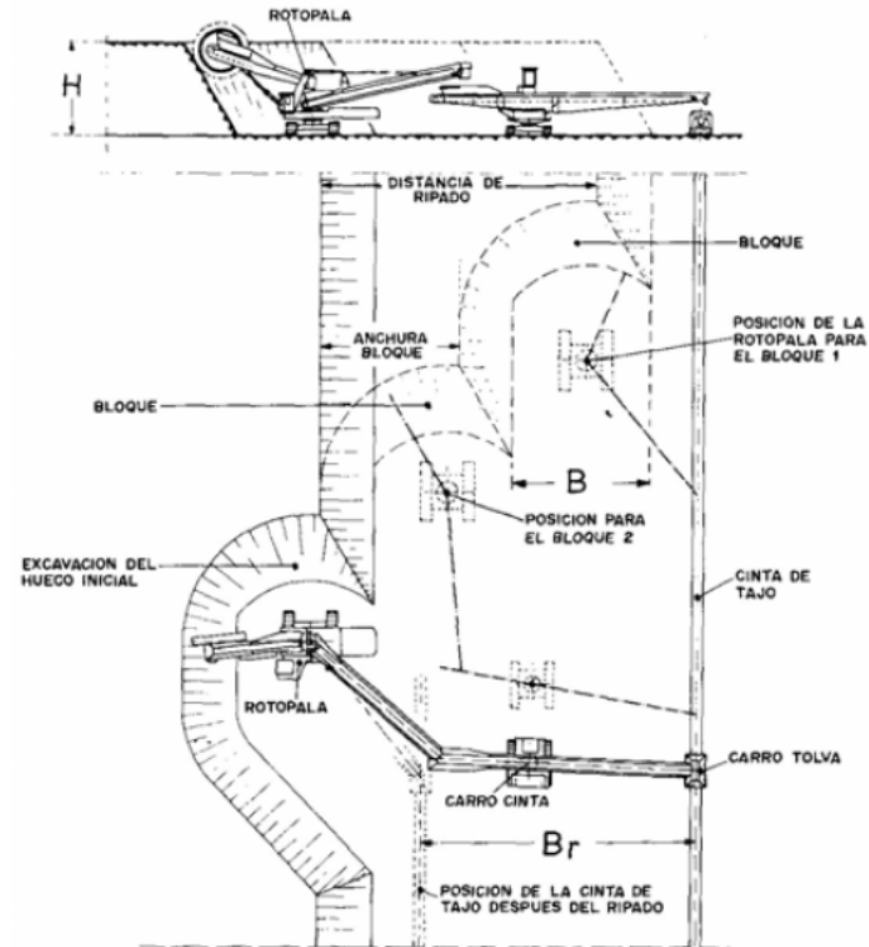


UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional

MINERIA PER TRANSFERÈNCIA – TERRASSES

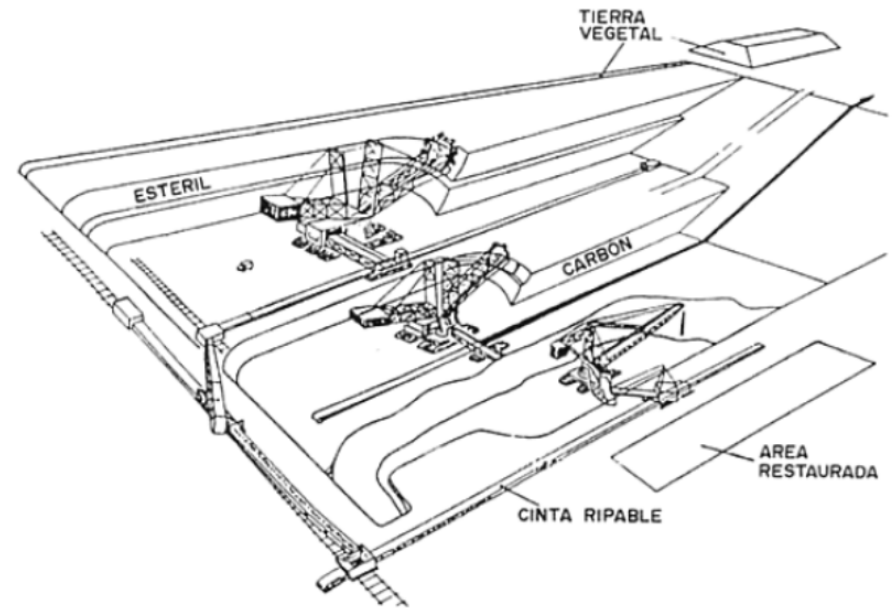
- 2) El sistema alemany, de caràcter continu i també denominat d'exploació per **terrasses**. Tant l'arrencada com el transport es realitzen en continu, mitjançant rotopala i cintes de gran capacitat, amb la transferència de l'estèril al buit anterior, bé de forma directa per mitjà d'un pont, o bé per l'exterior, amb cintes mòbils.



MINERIA PER TRANSFERÈNCIA – TERRASSES

Les **profunditats que s'assoleixen són importants**, existint gairebé exclusivament una limitació de tipus econòmic en la determinació de quin és l'últim nivell mineralitzat que explotarà.

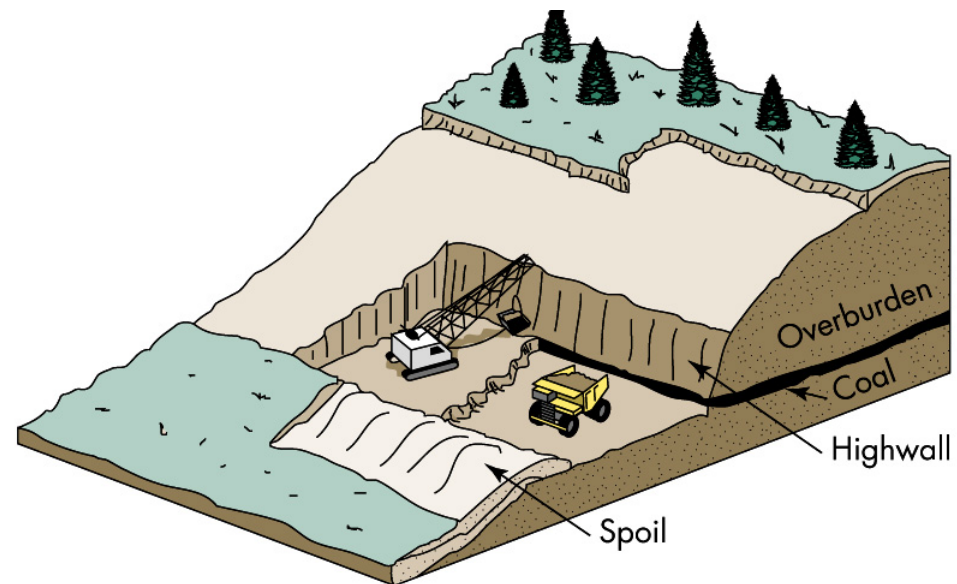
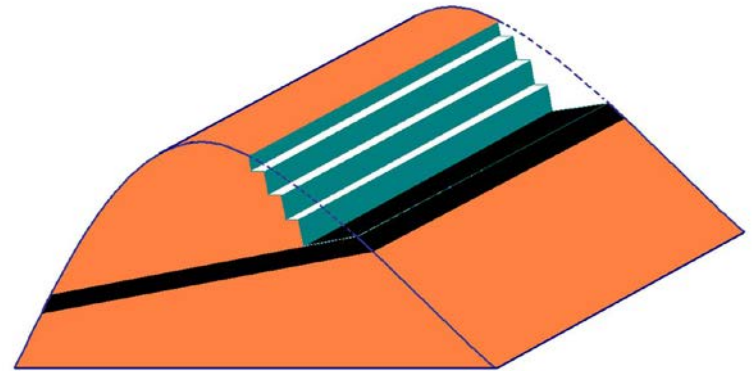
Igual que succeeix amb els mètodes de descoberta i tal com s'ha indicat, s'efectua un **rebliment del buit creat**, de manera que, des del punt de vista de la restauració dels terrenys, les possibilitats de actuació són grans.



MINERIA DE CONTORN

En jaciments de carbó amb capes tombades, de reduïda potència i topografia generalment desfavorable, s'apliquen els mètodes coneguts sota la denominació de **mineria de contorn**.

Consisteixen en l'**excavació de l'estèril i del mineral en sentit transversal a l'aflorament**, fins a arribar al límit econòmic, deixant un talús de banc únic i progressió longitudinal seguint el citat aflorament.



MINERIA DE CONTORN



MINERIA DE CONTORN

Donat el gran desenvolupament d'aquestes explotacions i la escassa profunditat dels buits, és possible realitzar una **transferència dels estèrils per a la posterior recuperació dels terrenys**.

La maquinària que s'utilitza sol ser del tipus convencional, accionada per motors dièsel.



PEDRERES – CANTERES - QUARRY

Pedreres és el terme genèric que s'utilitza per referir-se a les **explotacions de roques industrials, ornamentals i de materials de construcció**.

Constitueixen, amb molt, el **sector més important en quant a nombre**, ja que des de molt antic s'han vingut explotant per a l'extracció i proveïment de matèries primeres amb ús final en la construcció i en obres d'infraestructura.

Antigament, a causa del valor relativament petit que tenien els materials extrets, les pedreres es situaven molt properes als centres de consum i posseïen unes dimensions generalment reduïdes.



PEDRERES – CANTERES - QUARRY

En línies generals, el mètode d'exploració aplicat sol ser el de talús descendent, amb un o diversos nivells, situant-se un gran nombre de pedreres a mig vessant.



PEDRERES – CANTERES - QUARRY

Les pedreres poden subdividir en dos grups:

- El primer, on es vol obtenir un tot-ú fragmentat apte per alimentar les plantes de tractament i obtenir un producte destinat a la construcció en forma d'àrids, a la fabricació de ciments, a la fabricació de productes industrials, etc.



PEDRERES – CANTERES - QUARRY

- El segon, dedicat a l'explotació acurada de grans blocs, que posteriorment es tallen i elaboren. Aquestes explotacions es caracteritzen pel gran nombre de bancs que s'obren per arrencar els blocs i la maquinària especial amb la qual s'obtenen plànols de tall nets.



GRAVERA - GRAVEL PIT

Els materials detrítics, com són les sorres i les graves, albergats en els dipòsits de vall i terrasses dels rius, són objecte d'una explotació intensa a causa de la demanda d'aquests materials per el sector de la construcció.

Les sorres i els còdols es troben poc cohesionats, de manera que les tasques d'arrencada es efectuen directament per equips mecànics. Les explotacions solen dur-se a terme en un sol banc, amb una profunditat inferior, en general, als 20 m.



GRAVERA - GRAVEL PIT

Quan les formacions es troben en nivells alts, s'utilitzen equips convencionals, com són les pales carregadores de rodes i els bolquets.

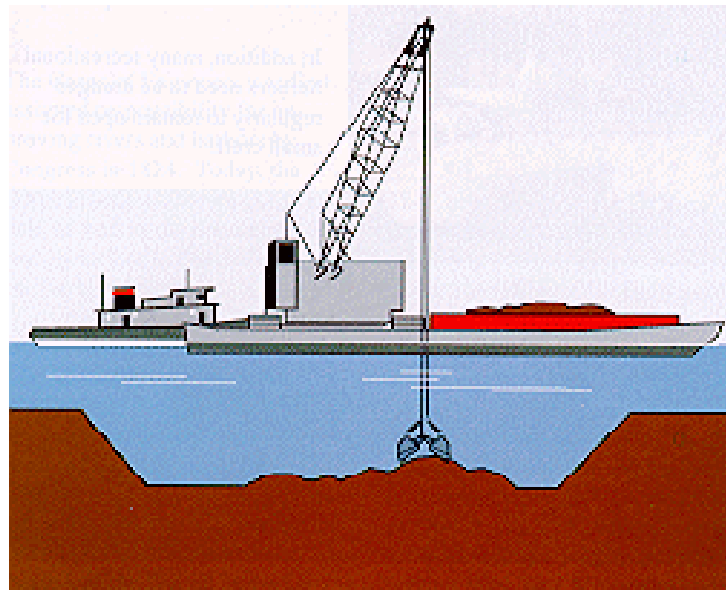
És freqüent que els materials es presentin en **contacte amb l'aigua o els aqüífers**, emprant-se llavors altres equips miners com són les dragues i les dragalines, donant lloc a la posterior formació de llacunes.



MINERIA HIDRÀULICA - DRAGATGE - DREDGING

En mineralitzacions especials, com són les metàl·liques d'or, cassiterita, ..., dins d'al·luvions, resulta interessant l'aplicació del mètode del dragatge, **inundant prèviament la zona de explotació**.

Aquest mètode és econòmic quan la pròpia **aigua d'inundació s'utilitza en el procés de concentració**, com passa amb la separació gravimètrica.



MINERIA HIDRÀULICA - DRAGATGE - DREDGING

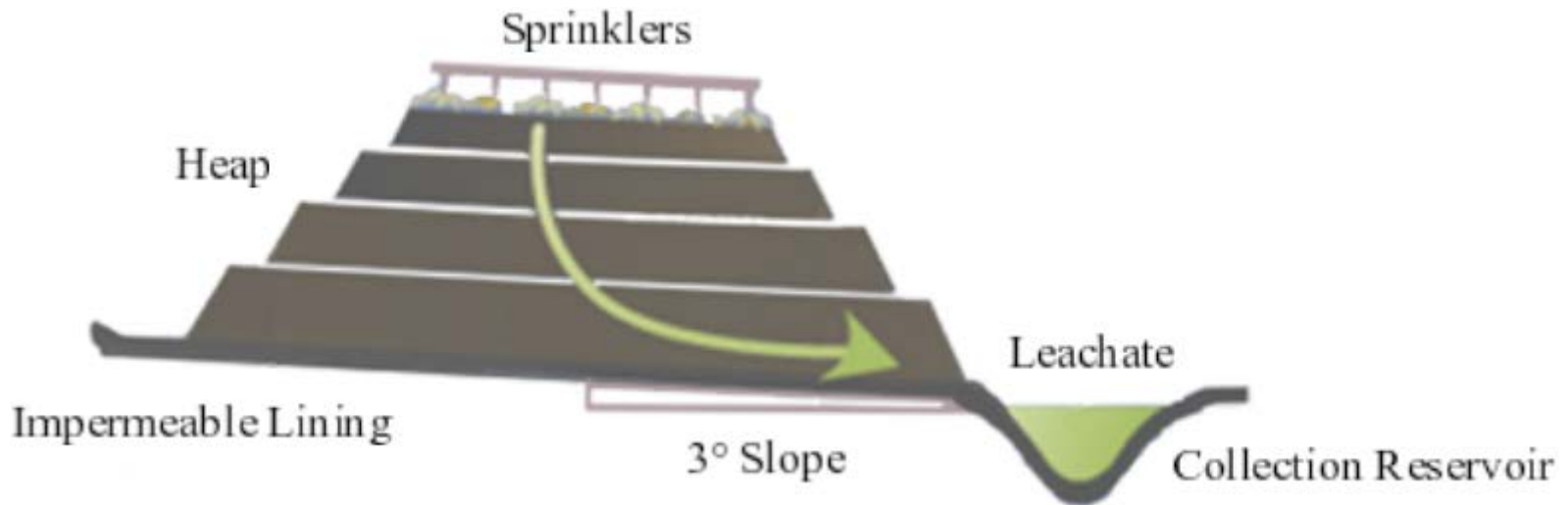
Les **dragues** poden arribar a incorporar la planta de tractament sobre la plataforma, amb capacitat per a tractar grans volums de material, i un sistema d'evacuació d'estèrils a la zona ja explotada.

Tanmateix, avui dia és més freqüent observar que **draga i planta són flotants**, però estan separades entre si i **connectades per una canonada** per mitjà de la qual la draga bomba el material extret a la planta.



MINERIA DE LIXIVIACIÓ - LEACHING

La lixiviació consisteix en l'**extracció química** dels metalls o minerals continguts en un dipòsit. El procés és fonamentalment químic, però pot ser també **bacteriològic** (certes bacteris acceleren les reaccions de lixiviació de metalls sulfurosos).



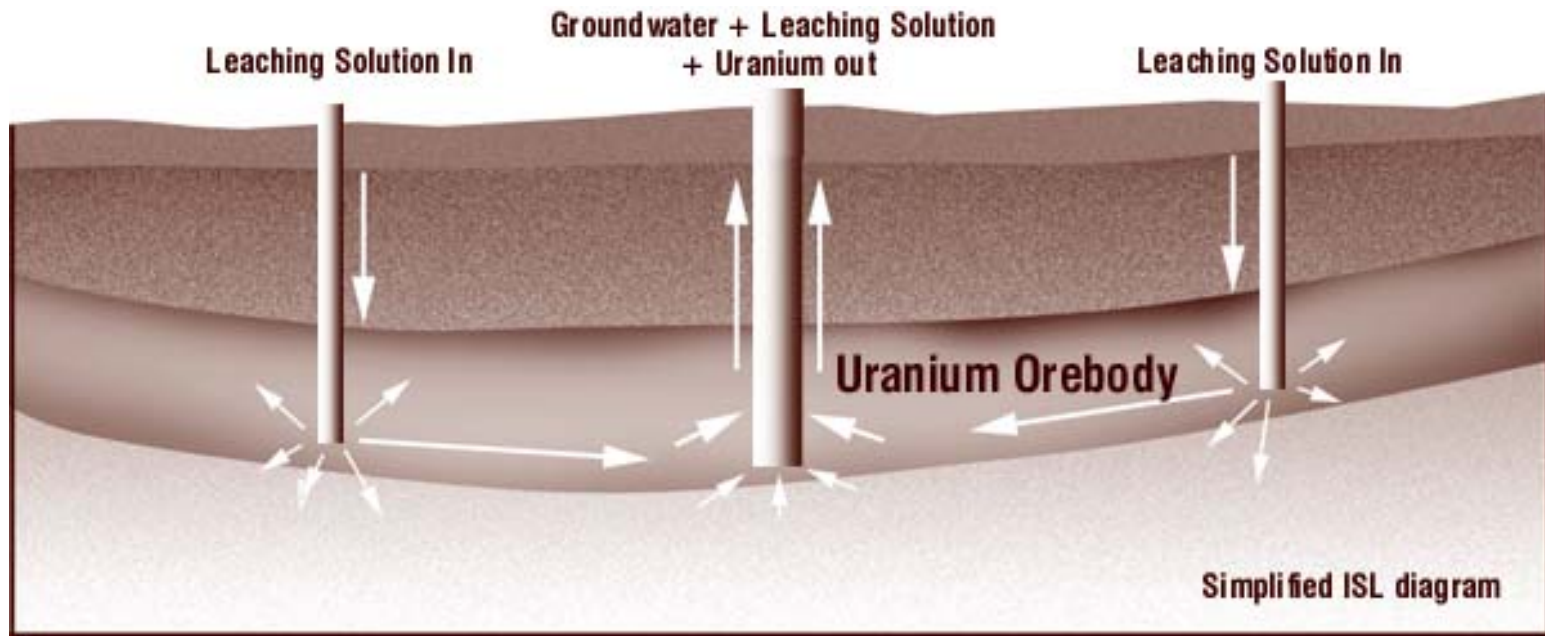
MINERIA DE LIXIVIACIÓ - LEACHING

Alguns jaciments de sals, com ara la glauberita, la thenardita, etc., s'exploten procedint primer a la descoberta de l'estèril superficial per després fragmentar el mineral mitjançant voladures i, seguidament, fer la seva dissolució mitjançant la circulació d'aigua calenta, que és recuperada com una salmorra mitjançant un sistema de canonades i bombes que la porten fins a la planta de processat en la qual es troben uns cristal·litzadors que permeten obtenir el producte final.



MINERIA DE LIXIVIACIÓ - LEACHING

Si l'extracció es realitza sense extreure el mineral, es parla llavors de "**lixiviació in situ**", mentre que si el mineral s'arrenca, transporta i diposita en un lloc adequat, el mètode es denomina "**lixiviació en heras**" o "**lixiviació en piles**" segons correspongui. Una variant consisteix a tractar el mineral, després de la seva mòlta, en tancs que disposen d'agitadors, coneixent el procediment com "**lixiviació dinàmica**".



MINERIA PER SONDEJOS



APoyADA EN EL FONDO
En el dibujo, una plataforma semisumergida sujeta por la gravedad. La estructura de soporte se apoya simplemente sobre el fondo marino, y su peso (más de 640.000 toneladas) garantiza la estabilidad.



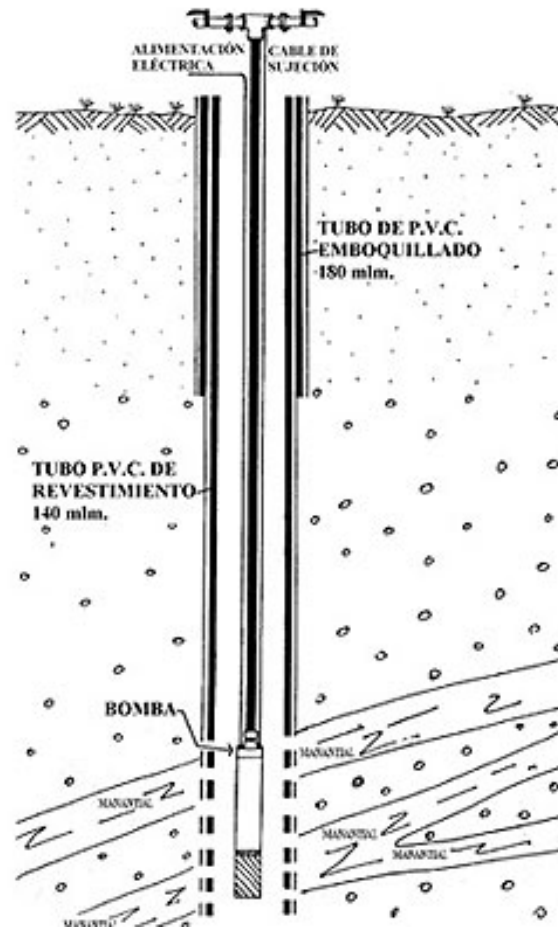
UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional

MINERIA PER SONDEJOS



MINERIA PER SONDEJOS



MINERIA DE SUPERFÍCIE - SURFACE MINING

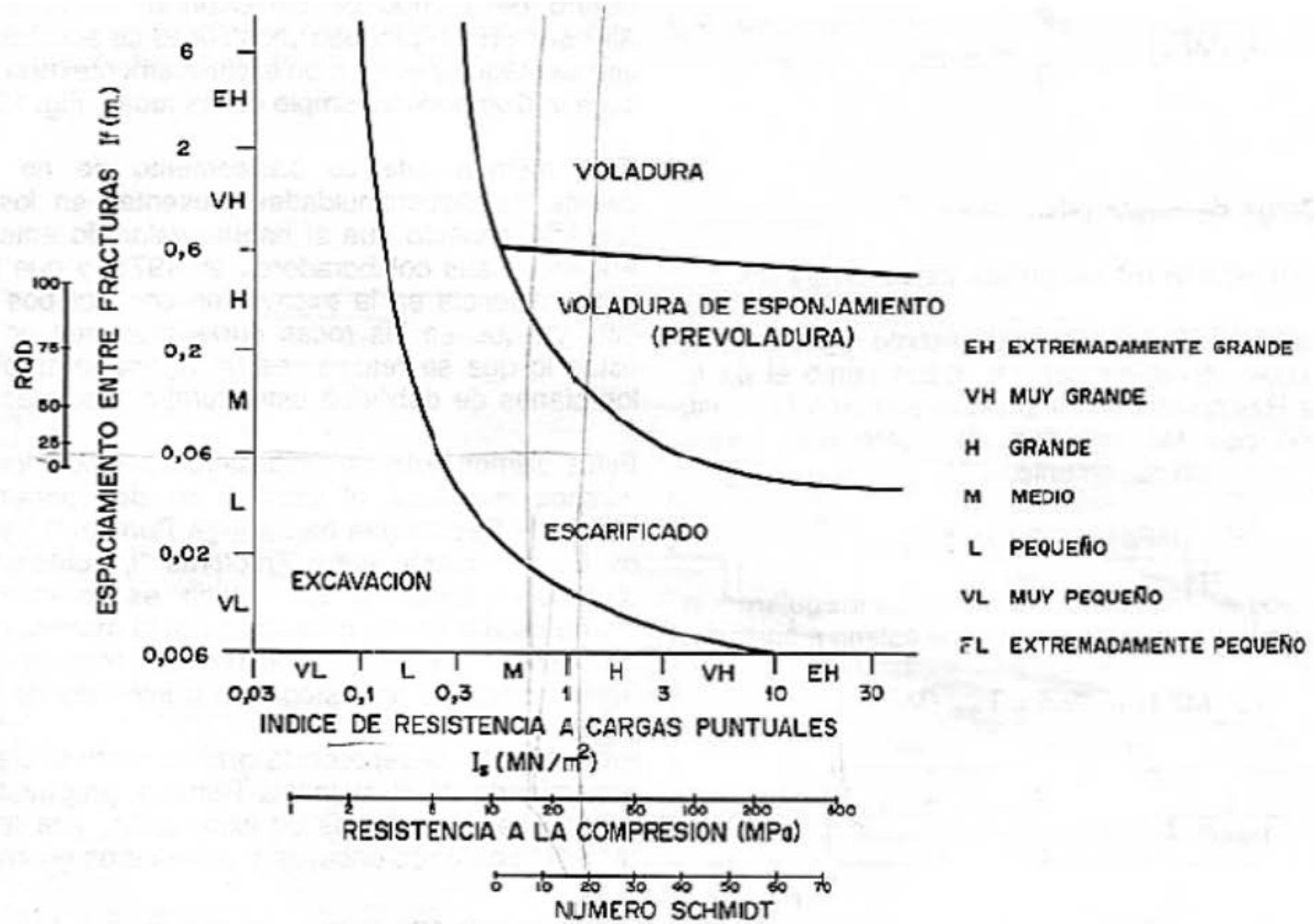


Figura 13.— Clasificación de los macizos rocosos para su excavación (Franklin et al. 1971).

MINERIA DE SUPERFÍCIE - SURFACE MINING

Clasificación de macizos rocosos según su excavabilidad

CLASE	FACILIDAD DE EXCAVACION	INDICE (W + S + J + B)	EQUIPO DE EXCAVACION	MODELOS DE EQUIPOS EMPLEADOS
I	MUY FACIL	< 40	TRACTORES DE RIBADO DRAGALINAS EXCAVADORAS	A. TRACTOR Cat. D8 B. DRAGALINA > 5 m ³ Lima 2400 C. EXCAVADORA DE CABLES > 3 m ³ Ruston Bucyrus 71 RB
II	FACIL	40-50		A. TRACTOR Cat D8 B. DRAGALINA > 8 m ³ Marion 195 C. EXCAVADORA DE CABLES > 5 m ³ Ruston Bucyrus 150 RB
III	MODERADAMENTE DIFICIL	50-60	DRAGALINAS EXCAVADORAS	A. TRACTOR-EXCAVADORA-PALA CARGADORA Cat. D9 B. EXCAVADORA HIDRAULICA > 3 m ³ Cat. 245
IV	DIFICIL	60-70		A. TRACTOR-EXCAVADORA-PALA CARGADORA Cat. D10 B. EXCAVADORA HIDRAULICA > 3 m ³ C245 ó O & K RH 40
V	MUY DIFICIL	70-85	EXCAVADORAS	EXCAVADORA HIDRAULICA > 3 m ³ C 245 O & K RH 40
VI	EXTREMADAMENTE DIFICIL	85-100		Demag H 111 Poclair 1000 CK P & H 1200 RH 75 } EXCAVADORAS HIDRAULICAS > 7 m ³
VII	MARGINAL SIN VOLADURA	> 100		Demag } H 165 H 241 O & K RH 300 } EXCAVADORAS HIDRAULICAS > 10 m ³

FUENTE: SCOBLE Y MUFTUOGLU (1984)



UNIV
DE C
BARC

Camj

MINERIA DE SUPERFÍCIE - SURFACE MINING

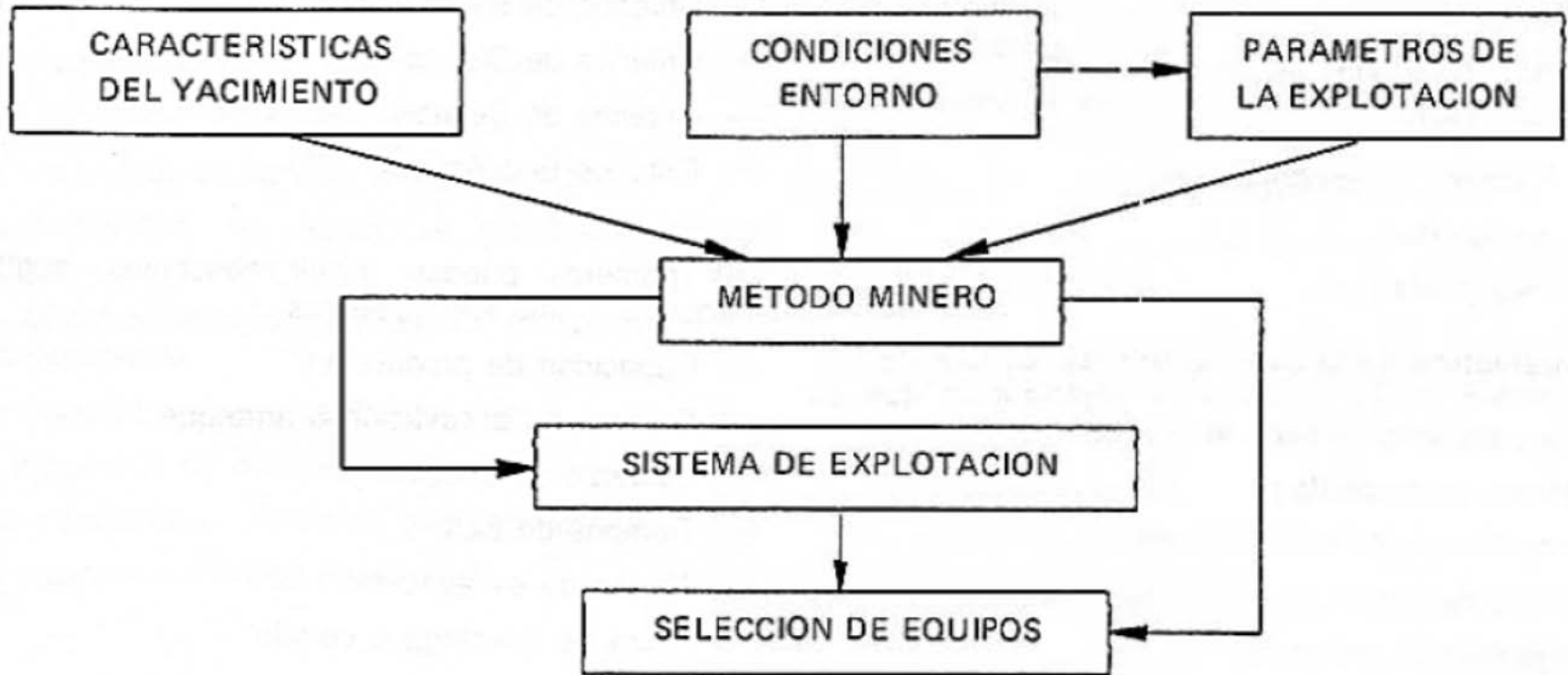
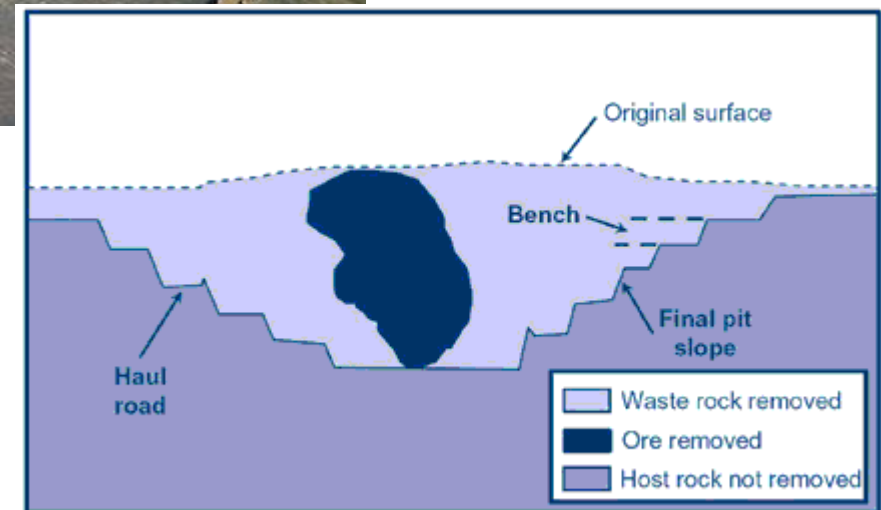


Figura 20.— Datos básicos de partida para la selección de equipos mineros.

SURFACE MINING FONAMENTS



McCoy Cover Mine (silver), Lander County, Nevada, US.





**UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH**

Campus d'Excel·lència Internacional



The Borden project is located near Chapleau, Ontario, about 160 km west of Goldcorp's Porcupine mine

Canada's Goldcorp to make Borden an all-electric mine (first fully-electric operation).

http://www.mining.com/canadas-goldcorp-to-make-borden-an-all-electric-mine/?utm_source=digest-en-mining-161118&utm_medium=email&utm_campaign=digest



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional

Exercicis bàsics

SME Mining Engineering Handbook, Third Edition, Edited by Peter Darling, Published by SME – 2011.

Exercici 3 (pàgina 285) Open pit mine.

- Durada dels torns \approx 8 hores
- Cronograma de producció \approx 2 torns / d
- Capacitat de producció d'estèril \approx 18.000 t/d
- Capacitat de la cullera de l'excavadora (volum) \approx 11,5 m³
- Capacitat de la cullera de l'excavadora (massa) \approx 21,7 t
- Factor de farciment de la cullera \approx 90%
- Densitat del material \approx 2.400 kg/m³
- Esponjament material arrancat \approx 55%
- Temps de cycle de càrrega de l'excavadora:
 - Temps de càrrega de la cullera \approx 12 s
 - Temps d'elevació i girs \approx 12 s
 - Temps d'abocament \approx 8 s
 - Retorn i temps menors \approx 10 s
- Resistència al rodament del dúmper \approx 3% de pendent equivalent
- Perfil de recorregut del dúmper:
 1. Segment 1: Des del front de treball a través del fons de l'open pit, 400 m al 0 % de pendent.
 2. Segment 2: Des del fons del fons a l'entrada de l'open pit, 1200 m al 12% de pendent
 3. Segment 3: A partir de l'entrada de l'open pit al runam, 1600 m a -6% de pendent
 4. Segment 4: Des de la base del runam a la part alta del runam, 800 m al 12% de pendent
 5. Segment 5: Des de la part alta el runam al punt d'abocament, 400 m al 0 % de pendent
- L'eficiència de l'operador de l'excavadora \approx 83%

Exercicis bàsics

Càlcul densitat aparent:

$$\frac{2.400 \frac{kg}{m^3}}{1 + \frac{55\% \text{ esponjament}}{100}} = 1.550 \frac{kg}{m^3}$$

Càlcul de la càrrega de la cullera de l'excavadora:

$$11,5 m^3 \cdot 1,55 \frac{t}{m^3} \cdot 0,90 \text{ (factor farciment)} = 16 t$$

Número de cicles:

$$\frac{18.000 \frac{t}{d}}{16 \frac{t}{cicle}} = 1.125 \text{ cicles/dia}$$

Minuts de càrrega al dia:

$$1.125 \frac{\text{cicles}}{d} \cdot \frac{(12s + 12s + 8s + 10s)}{1 \text{ cicle}} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 s} = 787,5 \frac{\text{min}}{d}$$

Hores de càrrega al dia:

$$\frac{787,5 \frac{\text{min}}{d}}{0.83 \text{ (eficàcia operador)}} \cdot \frac{1 h}{60 \text{ min}} = 15,8 \frac{h}{d}$$

Torns per dia:

$$\frac{15,8 \frac{h}{d}}{8 \frac{h}{\text{torn}}} \approx 2 \frac{\text{torns}}{\text{dia}}$$

Exercicis bàsics

Exercici 4 (continuació exercici 3)

Considereu la situació:

- Capacitat de la caixa del dúmper (volum) $\approx 60 \text{ m}^3$
- Capacitat de la caixa del dúmper (massa) $\approx 90 \text{ t}$
- Densitat del material $\approx 2.400 \text{ kg/m}^3$
- Esponjament $\approx 55\%$

Cicle del dúmper:

- Gir i posar-se a lloc $\approx 15 \text{ s}$
- El temps per carregar el dúmper s'estima a partir de l'exemple anterior.
- Temps de volcat $\approx 8 \text{ s}$
- Retorn i temps menors $\approx 12 \text{ s}$

Cicles de càrrega d'un dúmper:

$$\frac{60 \text{ m}^3 \text{ de capacitat del dúmper}}{11,5 \text{ m}^3 \text{ capacitat de la cullera excavadora} \cdot 0,90 \text{ factor farciment}} \approx 6 \text{ cicles càrrega}$$

Minuts de càrrega:

$$6 \text{ cicles} \cdot [12\text{s} + 12\text{s} + 8\text{s} + 10\text{s}] \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \approx 4,20 \frac{\text{minuts}}{\text{dúmper}}$$



Exercicis bàsics

Temps recorregut dúmper:

TEMPS CARREGAT:

Segment 1: 0% pendent+3%resistència = 3% total resistència

Velocitat: 43 km/h

$$400 \text{ m} \cdot \frac{1 \text{ km}}{1.000 \text{ m}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{43 \text{ km}} \cdot \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = 0,54 \text{ min}$$

Segment 2: 12% pendent+3%resistència = 15% total resistència

Velocitat: 9 km/h

$$1.200 \text{ m} \cdot \frac{1 \text{ km}}{1.000 \text{ m}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{9 \text{ km}} \cdot \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = 8 \text{ min}$$

Segment 3: -6% pendent+3%resistència = -3% total resistència

Velocitat: 64 km/h

$$1.600 \text{ m} \cdot \frac{1 \text{ km}}{1.000 \text{ m}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{64 \text{ km}} \cdot \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = 1,5 \text{ min}$$

Segment 4: 12% pendent+3%resistència = 15% total resistència

Velocitat: 9 km/h

$$800 \text{ m} \cdot \frac{1 \text{ km}}{1.000 \text{ m}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{9 \text{ km}} \cdot \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = 5,33 \text{ min}$$

Segment 5: 0% pendent+3%resistència = 3% total resistència

Velocitat: 43 km/h

$$400 \text{ m} \cdot \frac{1 \text{ km}}{1.000 \text{ m}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{43 \text{ km}} \cdot \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = 0,54 \text{ min}$$

$$\text{TOTAL TEMPS CARREGAT} = 0,54\text{min} + 8\text{min} + 1,5\text{min} + 5,33\text{min} + 0,54\text{min} = 15,37 \text{ min}$$



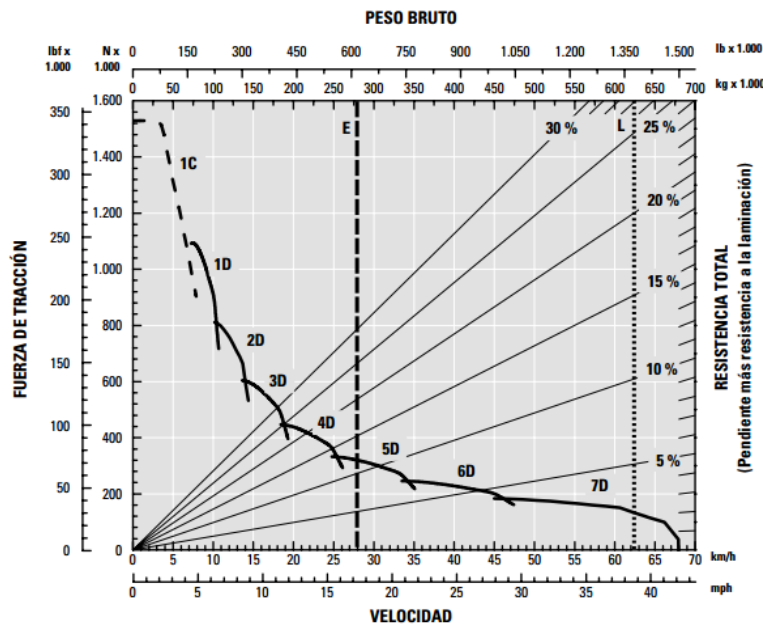
CÀLCUL VELOCITATS EN PENDENTS

Especificaciones del Camión Minero 797F

797F Rendimiento en pendientes/velocidad/fuerza de tracción*

Para determinar el rendimiento en subida de pendientes: lea desde el peso bruto hacia abajo hasta el porcentaje de la resistencia total. La resistencia total es igual al porcentaje real de la pendiente más el 1 % por cada 10 kg/t (20 lb/ton EE.UU.) de resistencia a la laminación. Desde el punto donde se encuentran la resistencia y el peso, desplácese horizontalmente hasta la curva con la marcha más elevada que se pueda obtener, luego hacia abajo hasta la velocidad máxima. La fuerza de tracción utilizable dependerá de la tracción disponible y del peso sobre las ruedas de tracción.

----- Peso vacío típico en la obra
 Peso bruto de la máquina en orden de trabajo
 623.690 kg (1.375.000 lb)



- 1 - 1ª marcha
- 2 - 2ª marcha
- 3 - 3ª marcha
- 4 - 4ª marcha
- 5 - 5ª marcha
- 6 - 6ª marcha

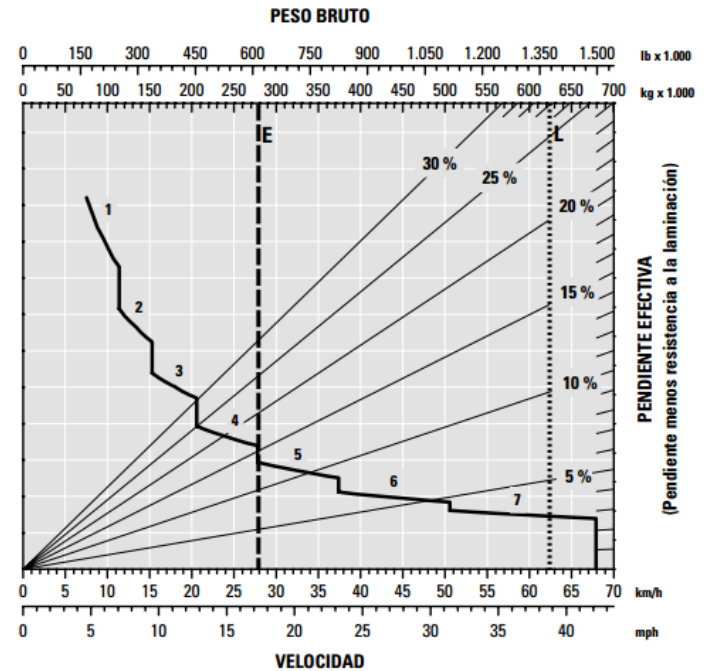
E: vacío
 L: cargado
 * A nivel del mar

Retardo de 797F – continuo*

Para determinar el rendimiento del retardo: añada las longitudes de todos los segmentos en pendientes cuesta abajo y, utilizando este total, consulte la tabla de retardo correspondiente. Lea desde el peso bruto hacia abajo hasta el porcentaje de la pendiente efectiva. La pendiente efectiva es igual al porcentaje real de la pendiente menos el 1 % por cada 10 kg/t (20 lb/ton EE.UU.) de resistencia a la laminación. A partir de este punto de la pendiente efectiva de peso, lea horizontalmente hasta la curva con la marcha más elevada que se pueda obtener, luego hacia abajo hasta el descenso máximo que los frenos de velocidad puedan manejar correctamente sin exceder la capacidad de enfriamiento. Las tablas siguientes se basan en estas condiciones: temperatura ambiente de 32 °C (80 °F), al nivel del mar, con neumáticos 59/80R63.

NOTA: seleccione la marcha adecuada para mantener las rpm del motor al máximo nivel posible, sin provocar exceso de velocidad al motor. Si se recalienta el aceite de enfriamiento, reduzca la velocidad de desplazamiento para permitir que la transmisión cambie a la siguiente gama de velocidades más baja.

----- Peso vacío típico en la obra
 Peso bruto de la máquina en orden de trabajo
 623.690 kg (1.375.000 lb)



- 1 - 1ª marcha
- 2 - 2ª marcha
- 3 - 3ª marcha
- 4 - 4ª marcha
- 5 - 5ª marcha
- 6 - 6ª marcha

E: vacío
 L: cargado
 * A nivel del mar



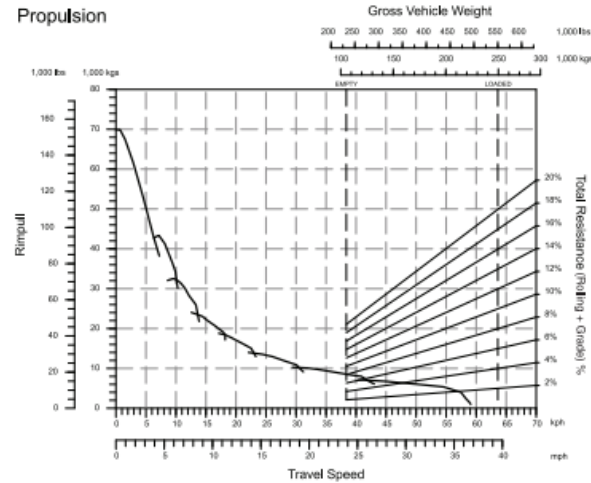
UNIVERSITAT POLITÈCNICA
 DE CATALUNYA
 BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional

CÀLCUL VELOCITATS EN PENDENTS

PROPULSION PERFORMANCE CHART

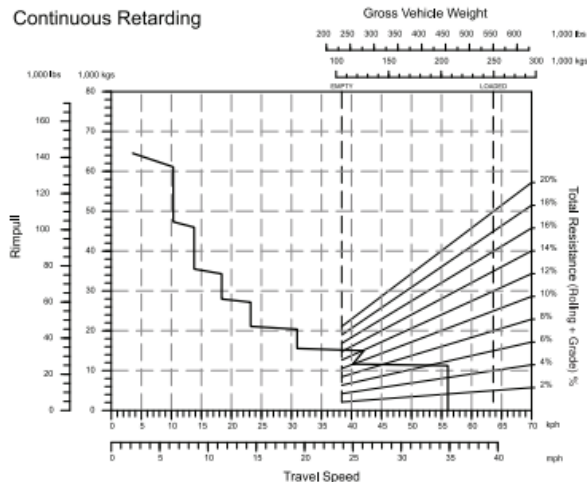
To determine travel speed during propulsion using this travel performance chart: Read from gross weight down to the percent of total resistance. From this weight-resistance point, read horizontally to the curve with the highest obtainable speed range, then down to maximum speed. Usable rimpull depends upon traction available and weight on drive wheels.



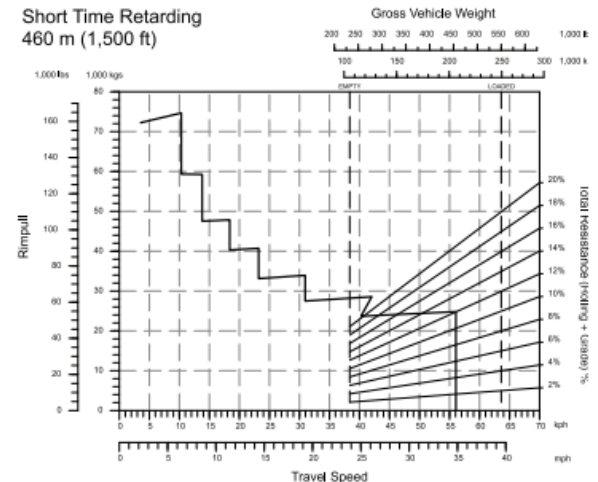
RETARDING PERFORMANCE CHART

To determine travel speed during retarding using this retarding performance chart: Read from gross weight down to the percent of total resistance. From this weight-resistance point, read horizontally to the curve with the highest obtainable speed range, then down to maximum descent speed the brakes can safely handle without exceeding cooling capacity.

Continuous Retarding



Short Time Retarding 460 m (1,500 ft)



Exercicis bàsics

GIR I TEMPS DE DESCÀRREGA = 1,20 min

TEMPS DESCÀRREGAT (RETORN):

Segment 5: 0% pendent+3%resistència = 3% total resistència

Velocitat: 63 km/h

$$400 \text{ m} \cdot \frac{1 \text{ km}}{1.000 \text{ m}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{63 \text{ km}} \cdot \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = 0,38 \text{ min}$$

Segment 4: -12% pendent+3%resistència = -9% total resistència

Velocitat: 32 km/h

$$800 \text{ m} \cdot \frac{1 \text{ km}}{1.000 \text{ m}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{32 \text{ km}} \cdot \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = 1,5 \text{ min}$$

Segment 3: 6% pendent+3%resistència = 9% total resistència

Velocitat: 32 km/h

$$1.600 \text{ m} \cdot \frac{1 \text{ km}}{1.000 \text{ m}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{32 \text{ km}} \cdot \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = 3 \text{ min}$$

Segment 2: -12% pendent+3%resistència = -9% total resistència

Velocitat: 32 km/h

$$1.200 \text{ m} \cdot \frac{1 \text{ km}}{1.000 \text{ m}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{32 \text{ km}} \cdot \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = 2,25 \text{ min}$$

Segment 1: 0% pendent+3%resistència = 3% total resistència

Velocitat: 63 km/h

$$400 \text{ m} \cdot \frac{1 \text{ km}}{1.000 \text{ m}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{63 \text{ km}} \cdot \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = 0,38 \text{ min}$$

TOTAL TEMPS DESCARREGAT = 0,38min+1,5min+3min+2,25min+0,38min = 7,51 min

TEMPS GIR I SITUACIÓ LLOC DE CÀRREGA: 0,80 min

Exercicis bàsics

TOTAL CICLE DÚMPER:

Cicle de càrrega:	4,20	min
Viatge carregat:	15,37	min
Gir i descàrrega:	1,20	min
Retorn descarregat:	7,51	min
Situació lloc càrrega:	0,80	min
TOTAL:	29,08	min

Càrrega per dúmper:

$$6 \frac{\text{cicles}}{\text{dúmper}} \cdot 11,5 \frac{\text{m}^3}{\text{cicle}} \cdot 0,9 (\text{factor farciment}) \cdot 1.550 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 96.225 \frac{\text{kg}}{\text{càrrega}}$$

Càrregues al dia:

$$18.000 \frac{\text{t}}{\text{d}} \cdot \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ t}} \cdot \frac{\text{càrrega}}{96.225 \text{ kg}} = 187,1 \frac{\text{càrregues}}{\text{d}}$$

Temps de les càrregues per dia:

$$187,1 \frac{\text{càrregues}}{\text{d}} \cdot 29,08 \frac{\text{min}}{\text{càrrega}} = 5.440,9 \frac{\text{min}}{\text{d}}$$

Número de dúmpers:

$$5.440,9 \frac{\text{min}}{\text{d}} \cdot \frac{1 \text{ d}}{2 \text{ tornos}} \cdot \frac{1 \text{ torn}}{8 \text{ h}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} \approx 6 \text{ dúmpers}$$

Temps d'espera:

$$\frac{29,08 \text{ min}}{\text{cicle}} = 4,85 \text{ min disponibles per càrrega del dúmper}$$

6 dúmpers

Com 4,85 minuts > 4,20 minuts de cicle de càrrega

Aleshores temps d'espera: 4,85 min – 4,20 min = 0,65 min

CONSIDERACIONS GEOMÈTRIQUES

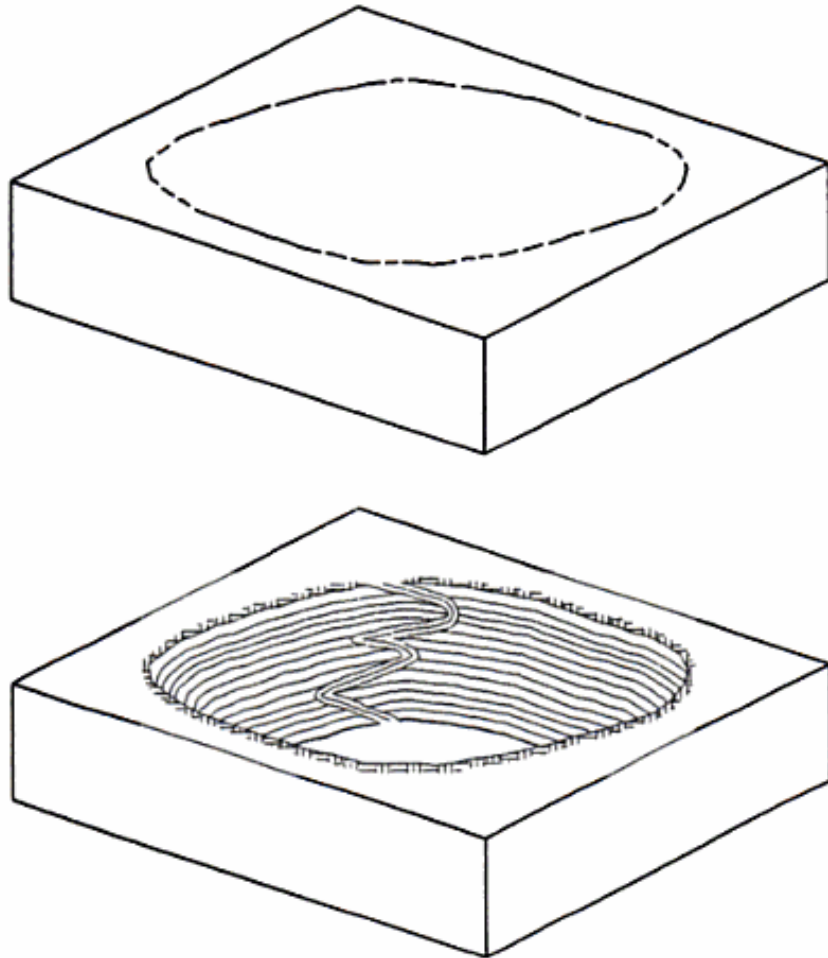


Figure 4.1. Geometry change in pit creation.



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional

La mineria de superfície canvia la morfologia superficial-

Parts del banc:

- Amplada del banc
- Alçada del banc
- Peu
- Cresta
- Angle

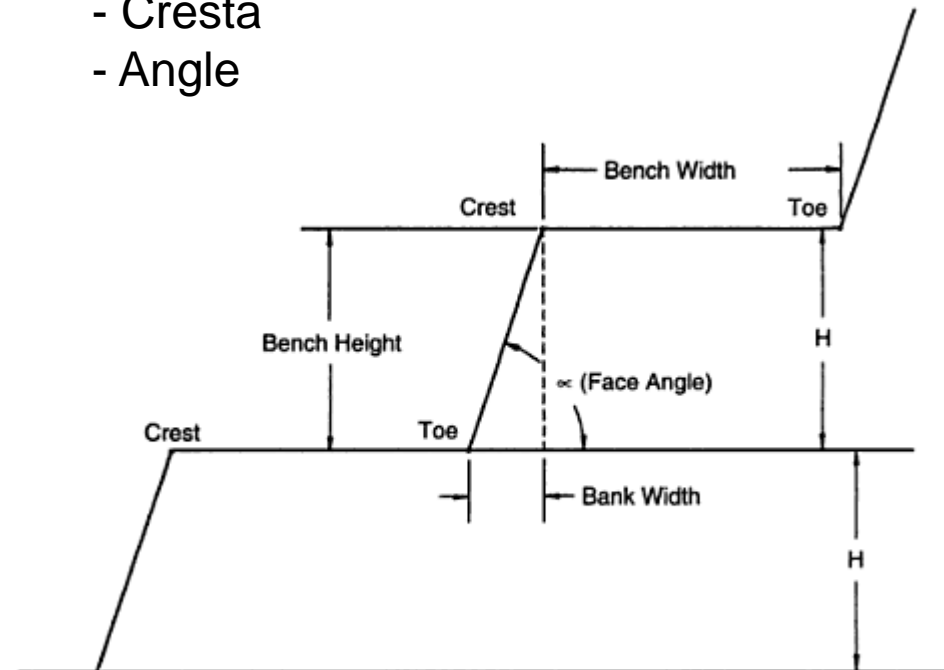


Figure 4.2. Parts of a bench.

CONSIDERACIONS GEOMÈTRIQUES

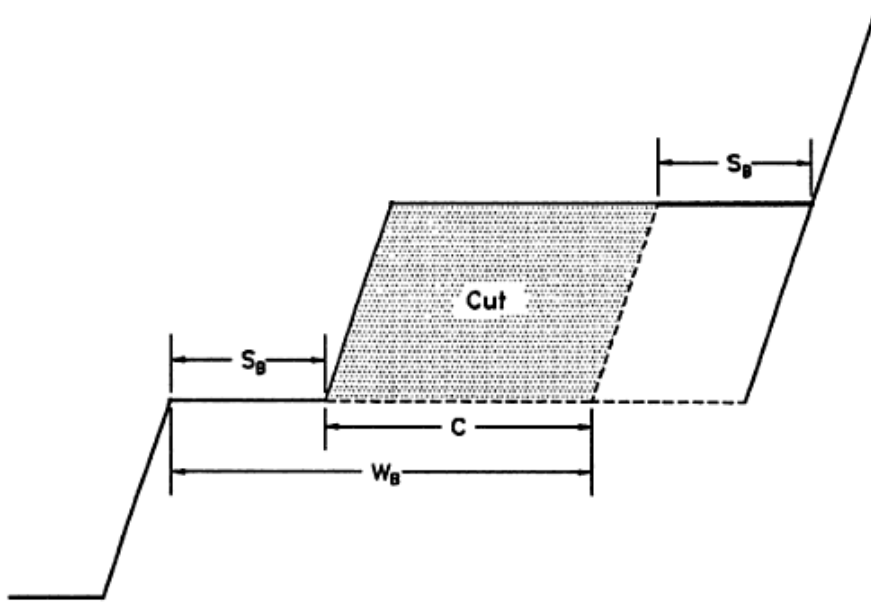


Figure 4.4. Section through a working bench.

BANC DE TREBALL:

- Amplada banc de seguretat: S_B
- Bloc d'arranc: C

Geometria dels banc de captura:

- Berma o bordó de seguretat.
- Zona d'impacte de caigudes.
- Amplada mínima de la berma.

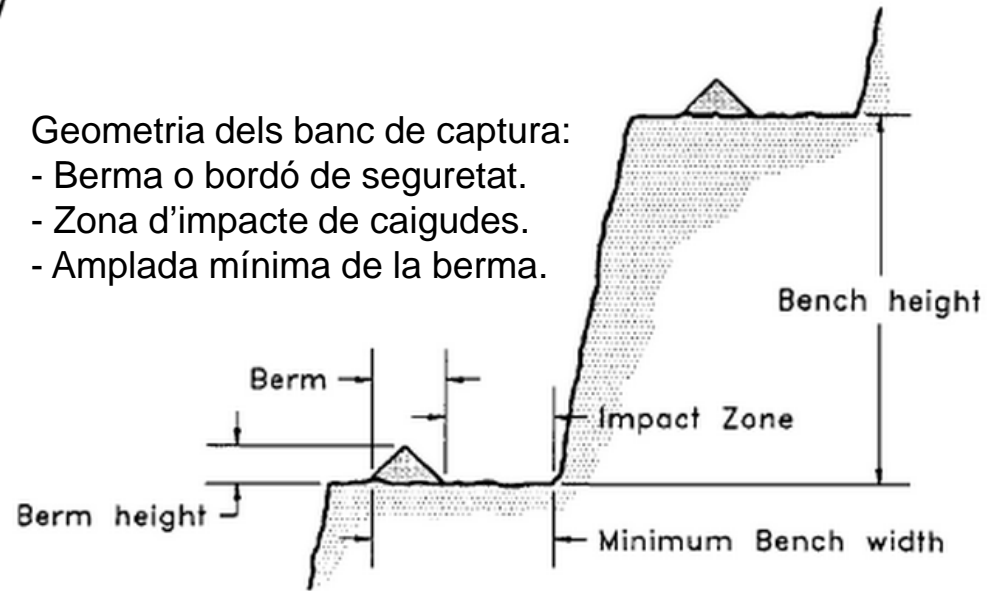


Figure 4.7. Catch bench geometry (Call, 1986).

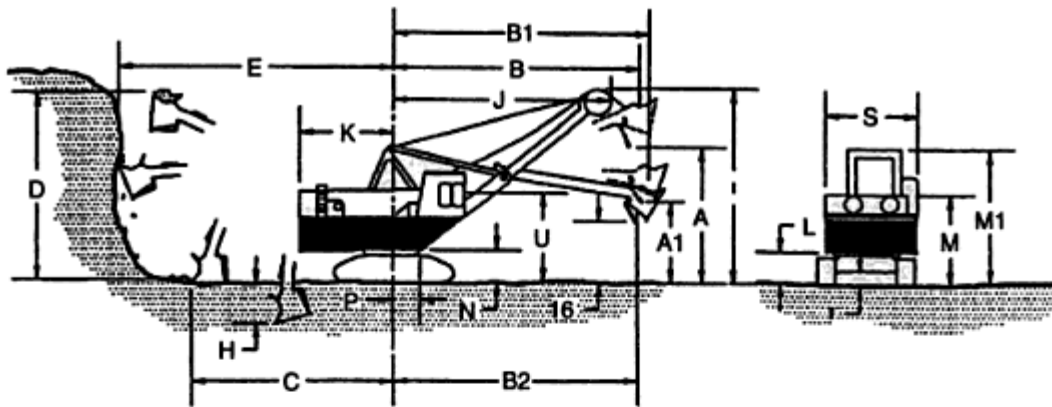
Table 4.1. Typical catch bench design dimensions (Call, 1986).

Bench height (m)	Impact zone (m)	Berm height (m)	Berm width (m)	Minimum bench width (m)
15	3.5	1.5	4	7.5
30	4.5	2	5.5	10
45	5	3	8	13

Finalitats dels banc de captura:

1. Captura els materials que llisquen del banc de sobre.
2. Aturar la caiguda de roques.





Shovel Working Range

Dipper Capacity (Nominal) cu.yds	9
Dipper Capacities (Range) cu.yds	6 ½-6
Length of Boom	41'-6"
Effective length of dipper handle	25'-6"
Overall length of dipper handle	30'-9"

These dimensions will vary slightly depending upon dipper selection.

Angle of boom	45°	
A Dumping height – maximum	28'-0"	A
A1 Dumping height at maximum radius – B1	20'-6"	A1
B Dumping radius at maximum height – A	45'-6"	B
B1 Dumping radius – maximum	47'-6"	B1
B2 Dumping radius at 16'0" dumping height	47'-0"	B2
D Cutting height – maximum	43'-6"	D
E Cutting radius – maximum	54'-6"	E
G Radius of level floor	35'-3"	G
H Digging depth below ground level – maximum	8'-6"	H
I Clearance height – boom point sheaves	42'-3"	I
J Clearance radius – boom point sheaves	40'-0"	J
K Clearance radius – revolving frame	19'-9"	K
L Clearance Under frame – to ground	6'-2"	L
M Clearance height top of house	18'-10"	M
M1 Height of A-frame	31'-2"	M1
N Height of boom foot above ground level	9'-11"	N
P Distance – boom foot to center of rotation	7'-9"	P
S Overall width of machinery house & operating cab	22'-6"	S
T Clearance under lowest point in truck frame	14"	T
U Operator's eye level	18'-0"	U

Dades geomètriques de treball d'una pala de 9 yd³, en polsades.

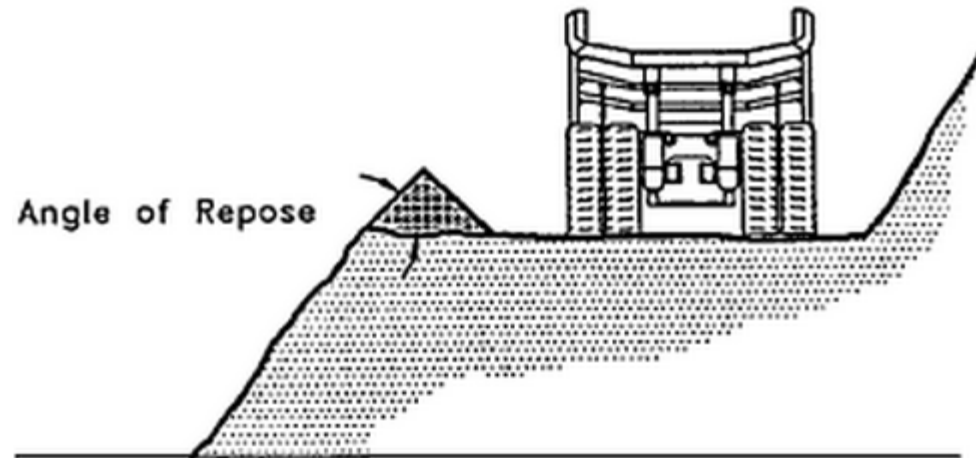


Figure 4.8. Safety berms at bench edge.

Berma de seguretat a la vora del banc.

Figure 4.9. Diagrammatic representation of a 9 yd³ shovel (Riese, 1993).

CONSIDERACIONS GEOMÈTRIQUES

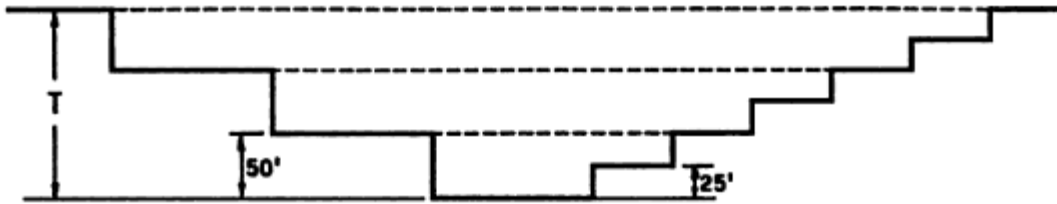


Figure 4.11. Two different bench height scenarios.

Tres banc de 50 peus (15,24 m) o sis de 25 peus (7,62 m)?

Banc alts versus baixos:

1. Menys selectivitat.
2. Més dilució
3. Menys llocs de treball (menor flexibilitat).
4. Grans espais per a les grans màquines.
5. Més producció.



CONSIDERACIONS GEOMÈTRIQUES

Els pendents longitudinals de les pistes i accessos hauran d'estar adaptades a les característiques dels vehicles i de les càrregues que transporten. En tot cas, els pendents longitudinals mitjanes de les pistes no hauran de sobrepassar el 10 per 100, amb màxims puntuals del 15 per 100.

En els accessos als talls o altres casos especials es podrà superar aquest límit sempre que un vehicle, en les condicions reals més desfavorables, pugui arrencar i remuntar a plena càrrega, però en cap cas el pendent sobrepassarà el 20 per 100. els vehicles o màquines que circulen per aquests trams han d'adoptar mesures específiques de seguretat.

El pendent transversal serà la suficient per garantir una adequada evacuació de l'aigua d'escorrentia.

Exemples: Cos mineral de 40 ft d'alçada.
Cal una pista de 500 ft amb un pendent del 8%.

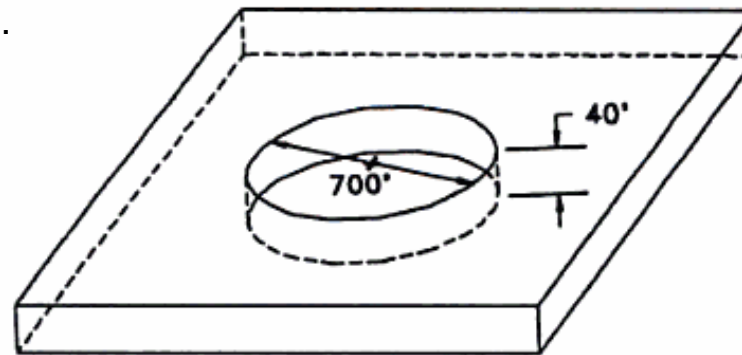


Figure 4.12. Example ore-body geometry.

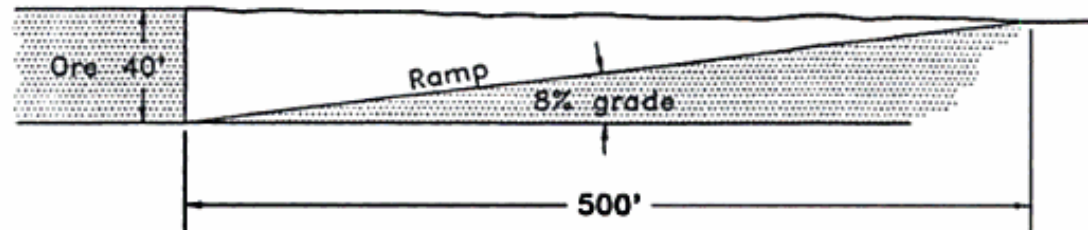
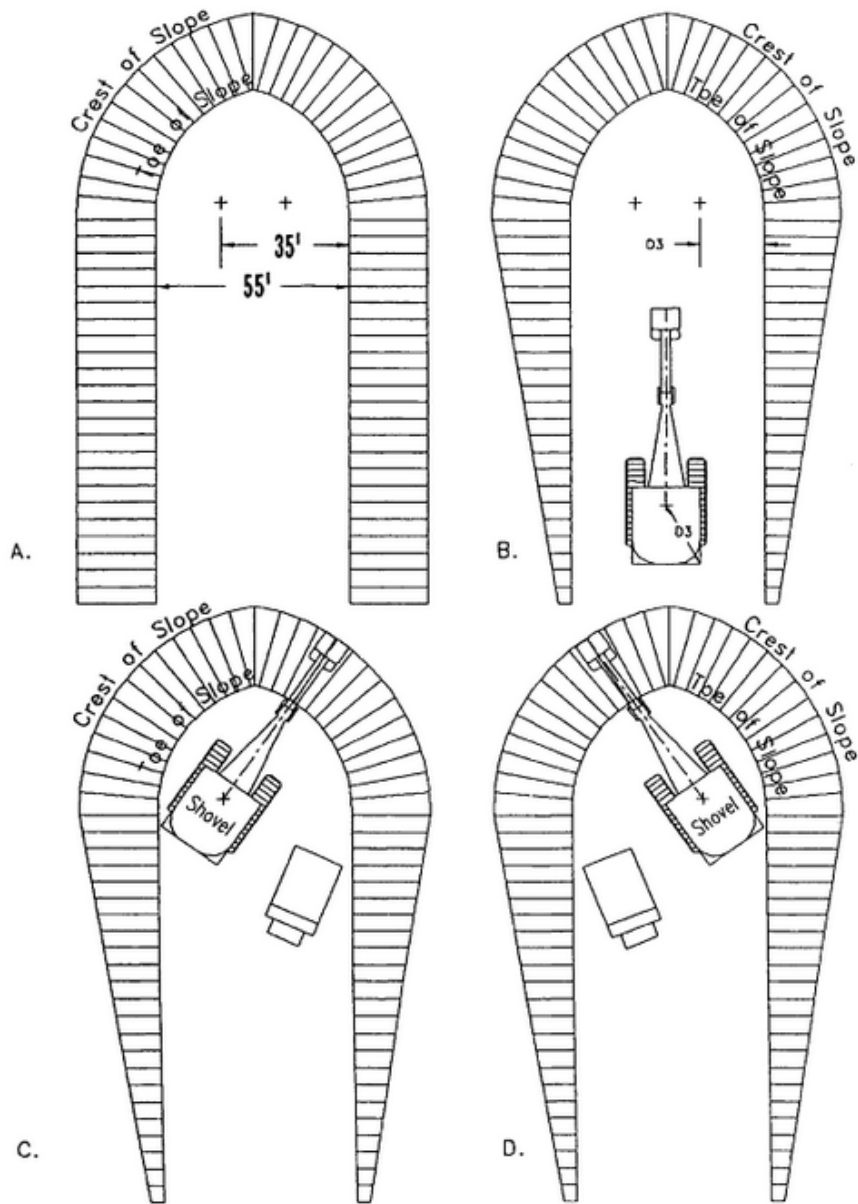


Figure 4.13. Ramp access for the example orebody.



CONSIDERACIONS GEOMÈTRIQUES



Geometria del tall:

Amplada mínima per col·locar la màquina (55 ft).

Cal tenir en compte que la màquina s'ha d'anar movent a dos punts (35 ft del peu del talús) i la càrrega és alternativa de costat.

Figure 4.15. Minimum width drop cut geometry with shovel alternating from side to side.

CONSIDERACIONS GEOMÈTRIQUES

Geometria del tall:

Amplada mínima per col·locar la màquina sense que aquesta s'hagi de more del centre (70,6 ft).

La càrrega és a 45,5 ft de l'eix de la màquina i pot ser alternativa de costat.

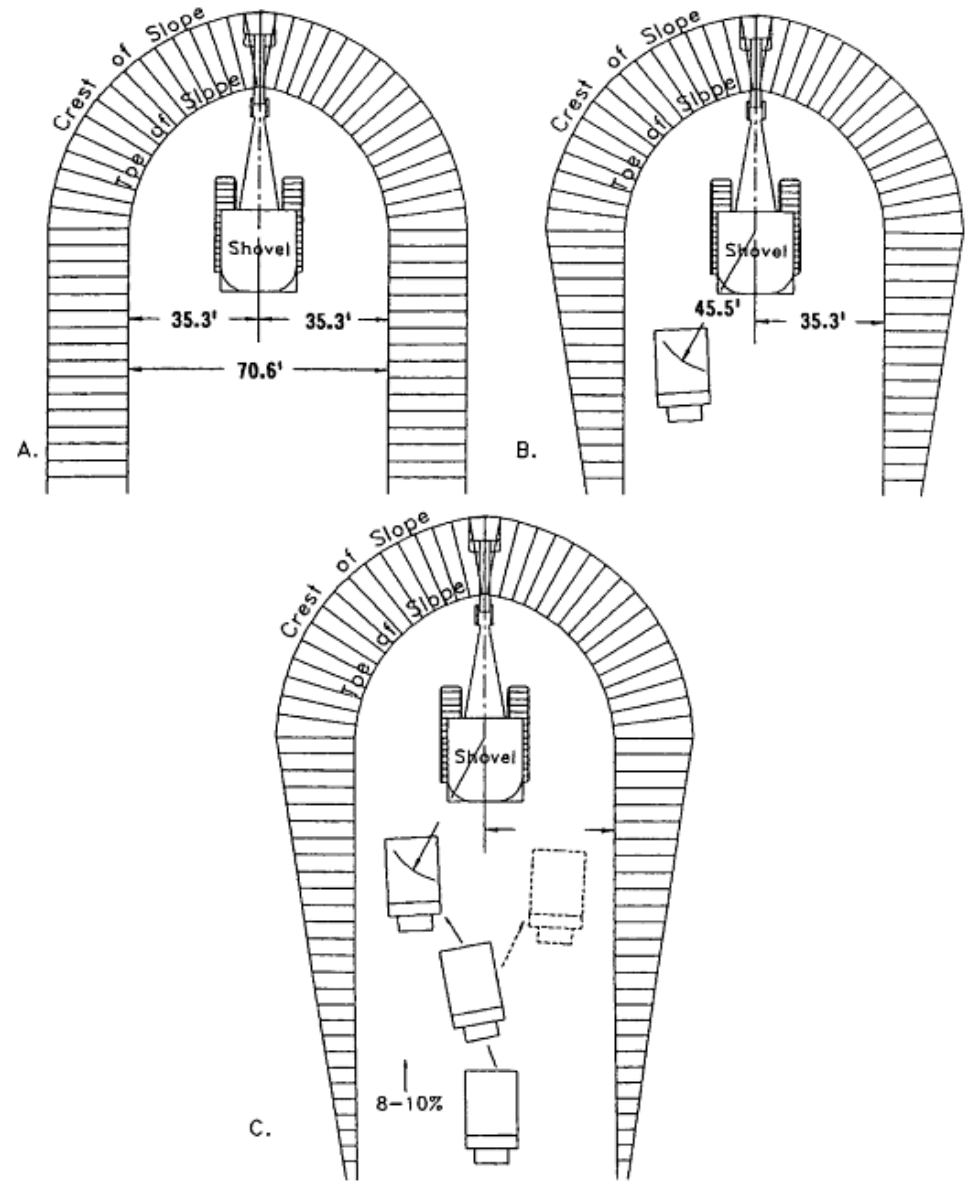
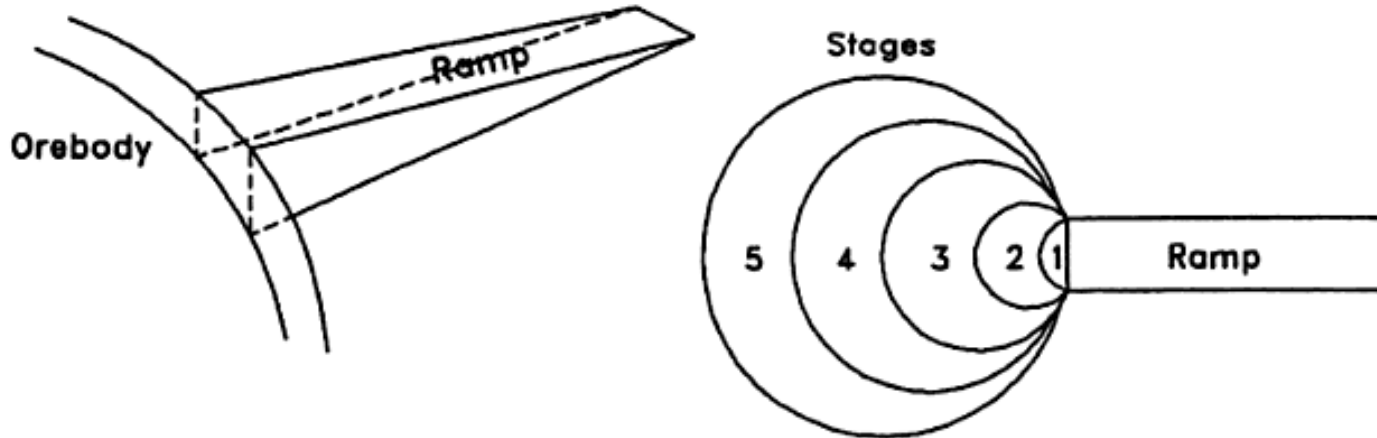
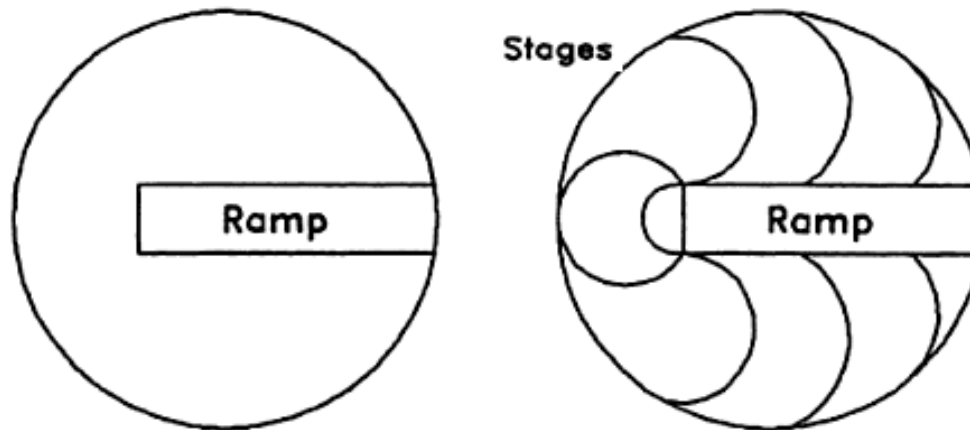


Figure 4.16. Minimum width drop cut geometry with shovel moving along centerline.

CONSIDERACIONS GEOMÈTRIQUES

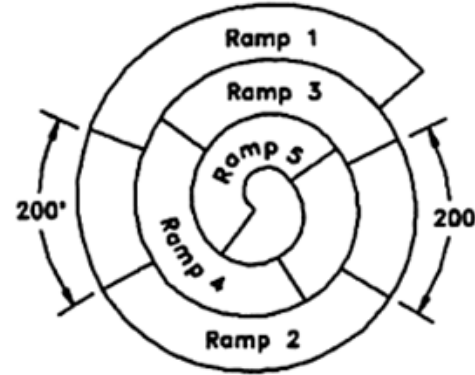
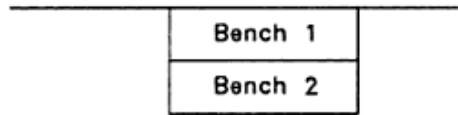
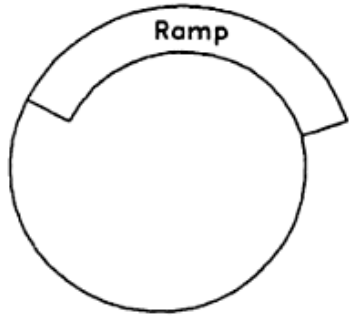


Rampa situada en zona d'estèril i atac al tall en etapes.



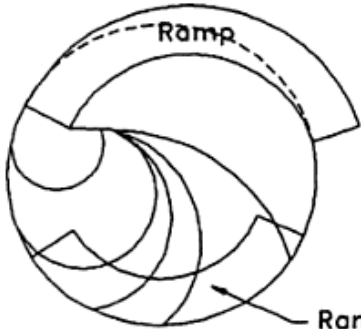
Rampa situada dins el cos mineral i atac al tall amb etapes.

CONSIDERACIONS GEOMÈTRIQUES

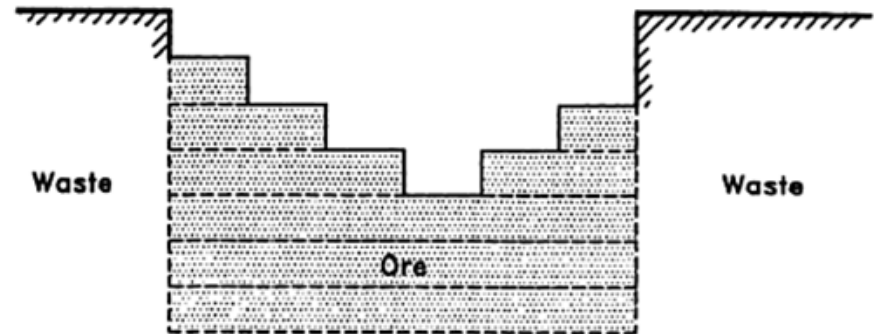


Trams d'accés als diferents nivells.

Rampa comença amb estèril i acaba en mineral.



Ramp Continuation Segon tram de la rampa.



Secció de l'excavació.



CONSIDERACIONS GEOMÈTRIQUES

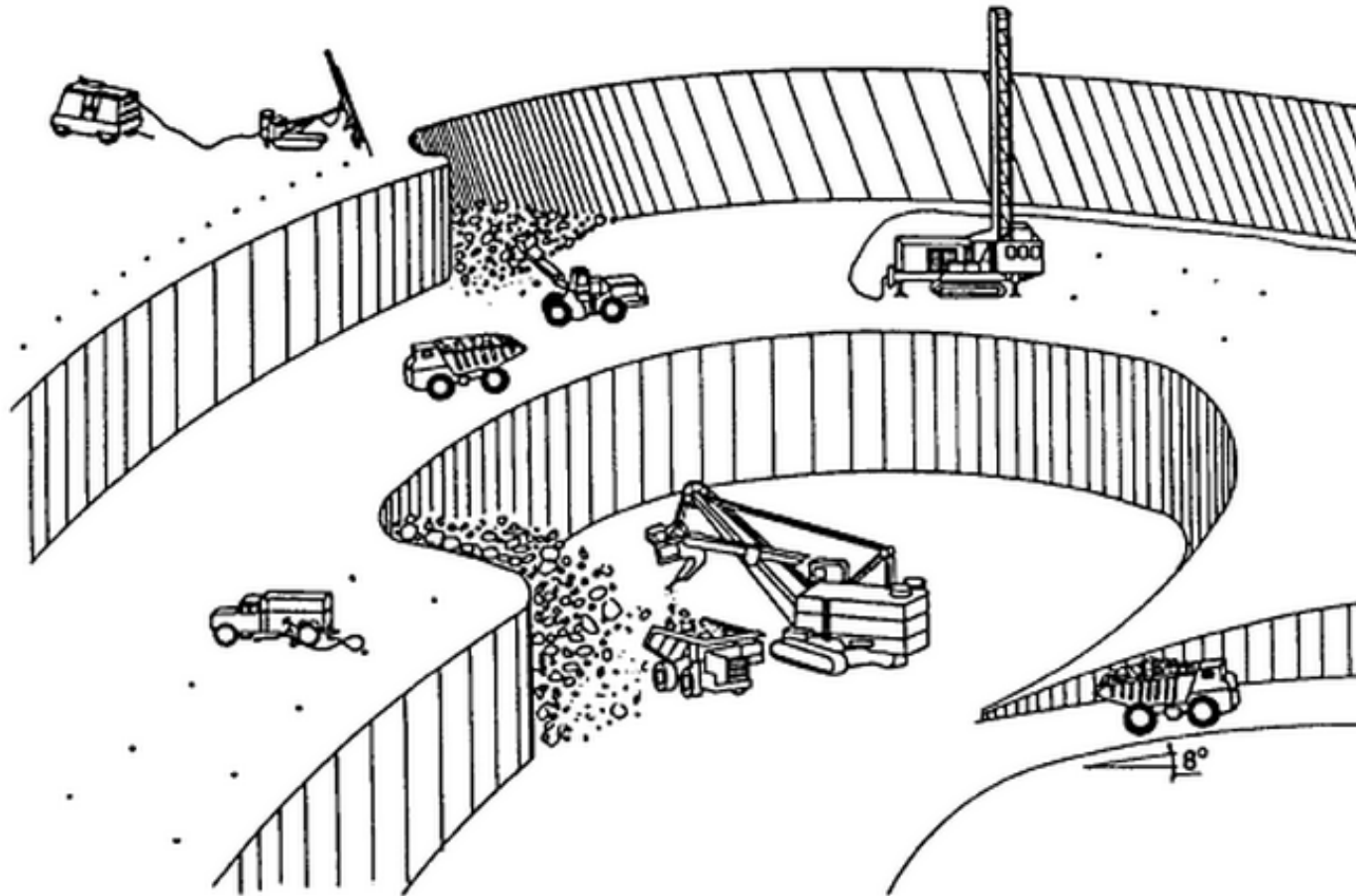
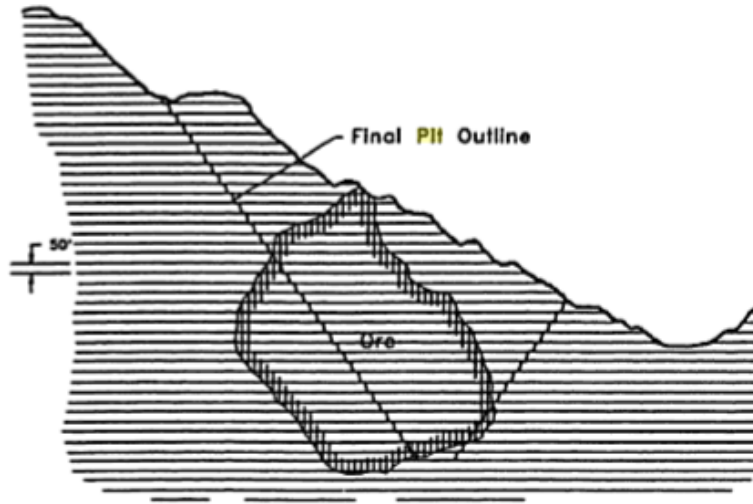


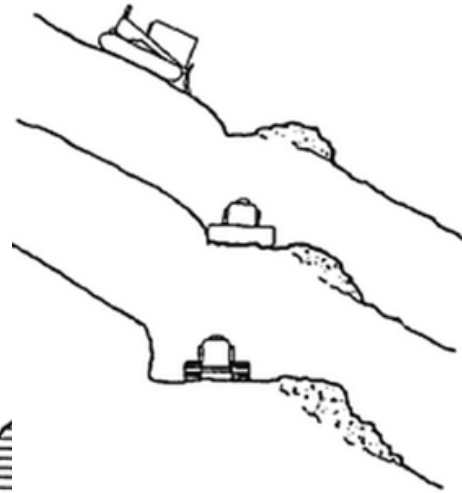
Figure 4.28. Isometric view of simultaneous mining on several levels (Tamrock, 1978).



CONSIDERACIONS GEOMÈTRIQUES

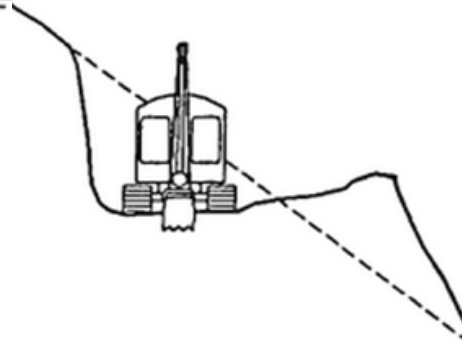


Abast final de la mina. CRITERI ECONÒMIC.



Creació accés al banc:

1. Bulldózer fa el primer espai de banc amb moviment en vertical.
2. Bulldózer fa més gran aquest primer espai, moviment en horitzontal.



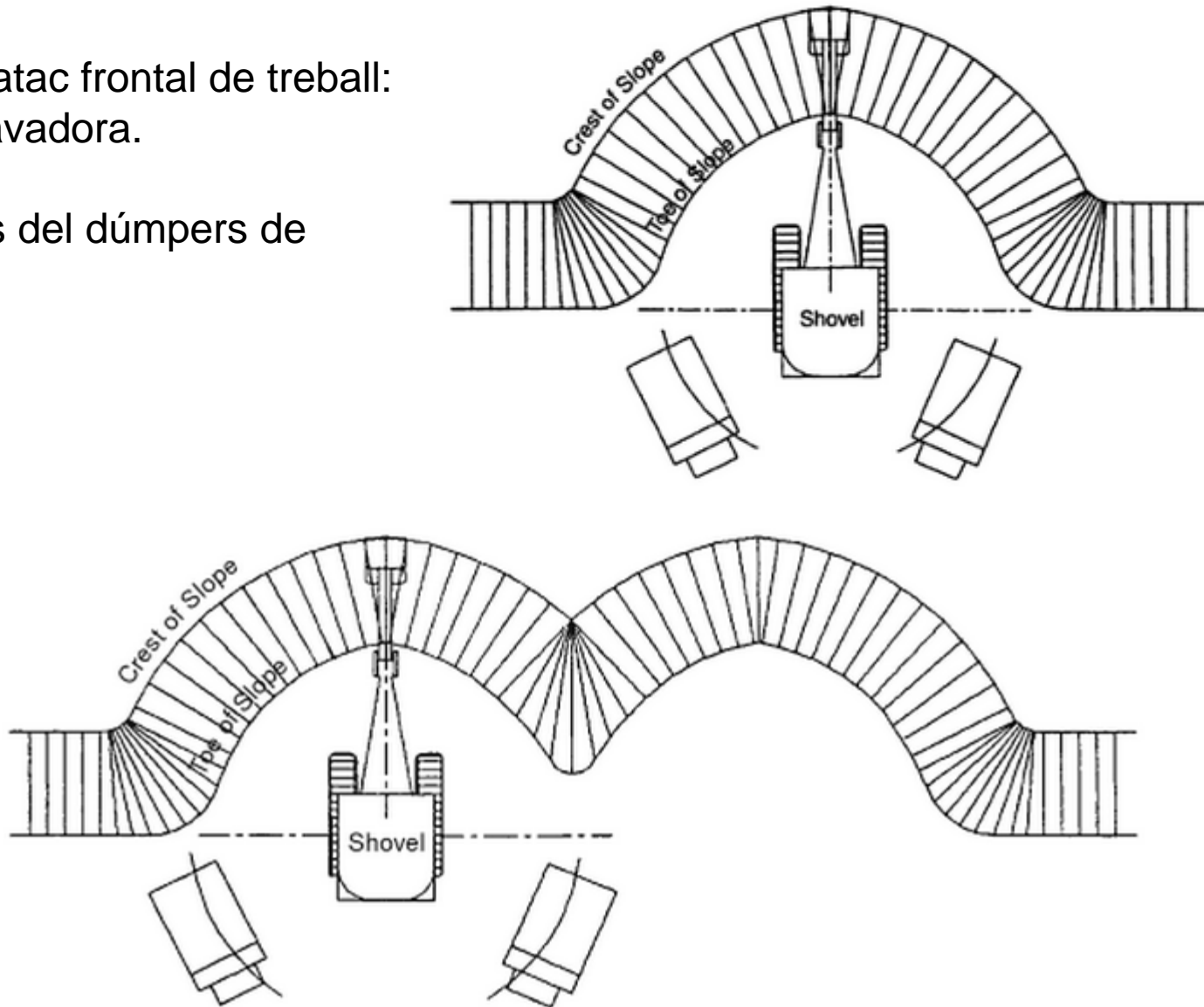
Per vessants molt tallades, la pala crea l'accés al banc amb atc horitzontal.



CONSIDERACIONS GEOMÈTRIQUES

Casos d'atac frontal de treball:
Una excavadora.

Posicions del dúmpers de càrrega.



CONSIDERACIONS GEOMÈTRIQUES

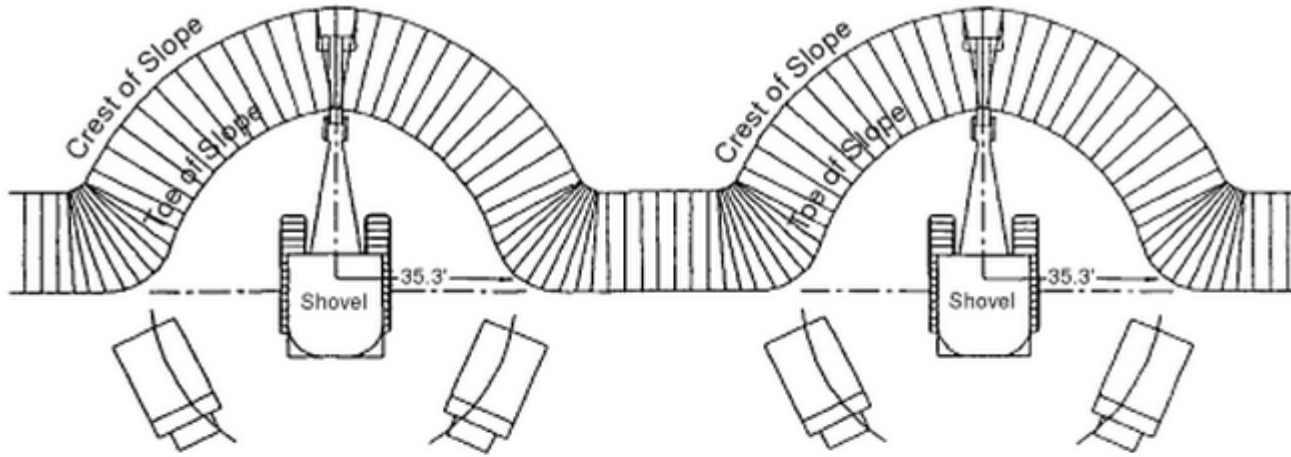


Figure 4.37. Two shovels working the same face.

Amb dues excavadores al mateix front.

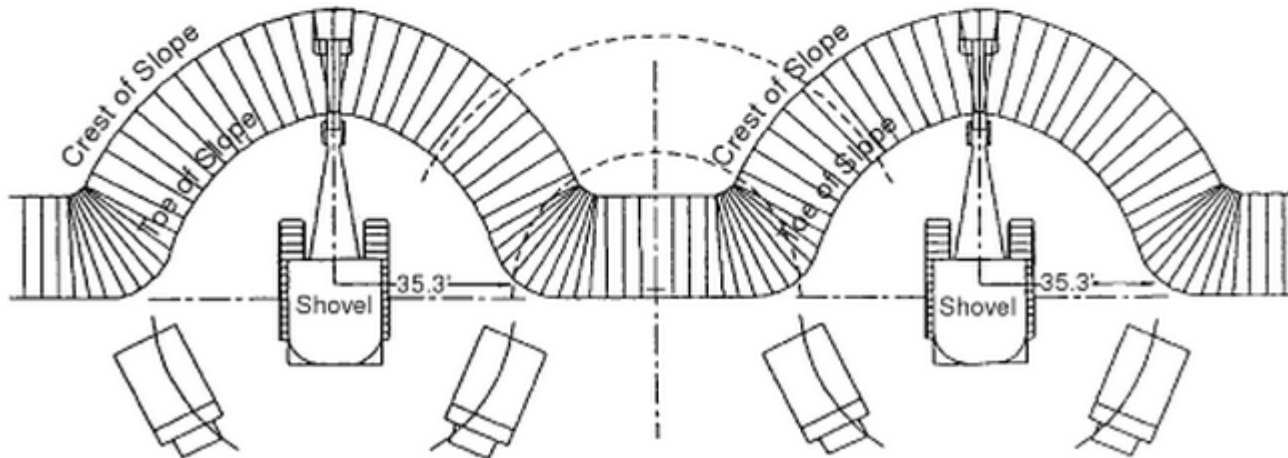
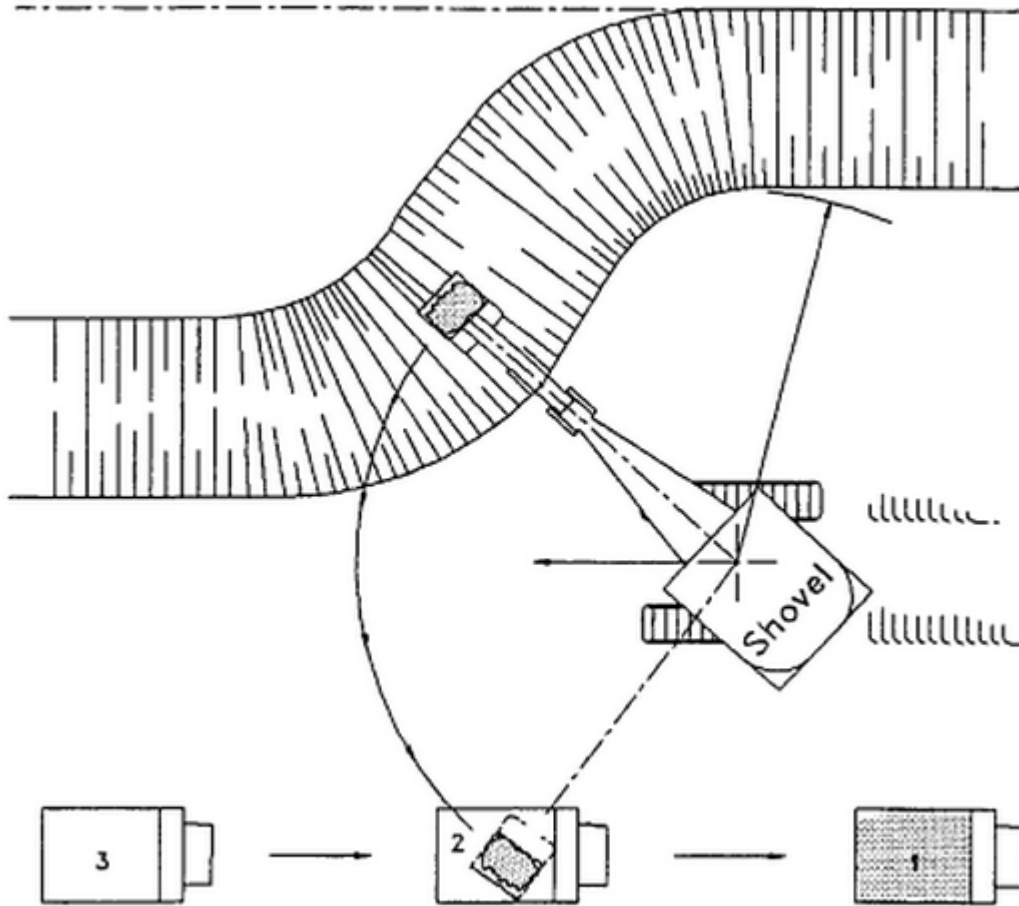


Figure 4.38. Fill-in cutting to complete the face.

CONSIDERACIONS GEOMÈTRIQUES

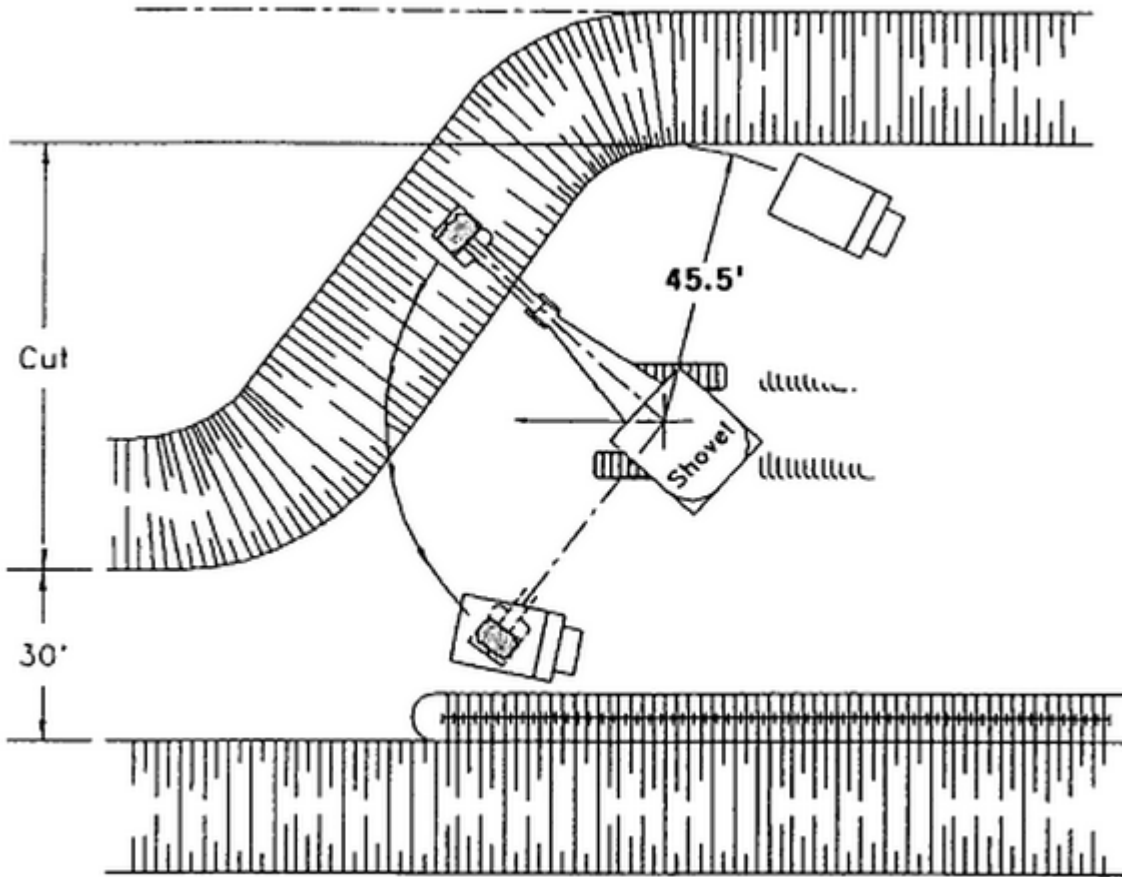


Atac paral·lel del front.

Posicions de l'excavadora i els dúmpers.

Figure 4.39. Parallel cut with drive-by.

CONSIDERACIONS GEOMÈTRIQUES



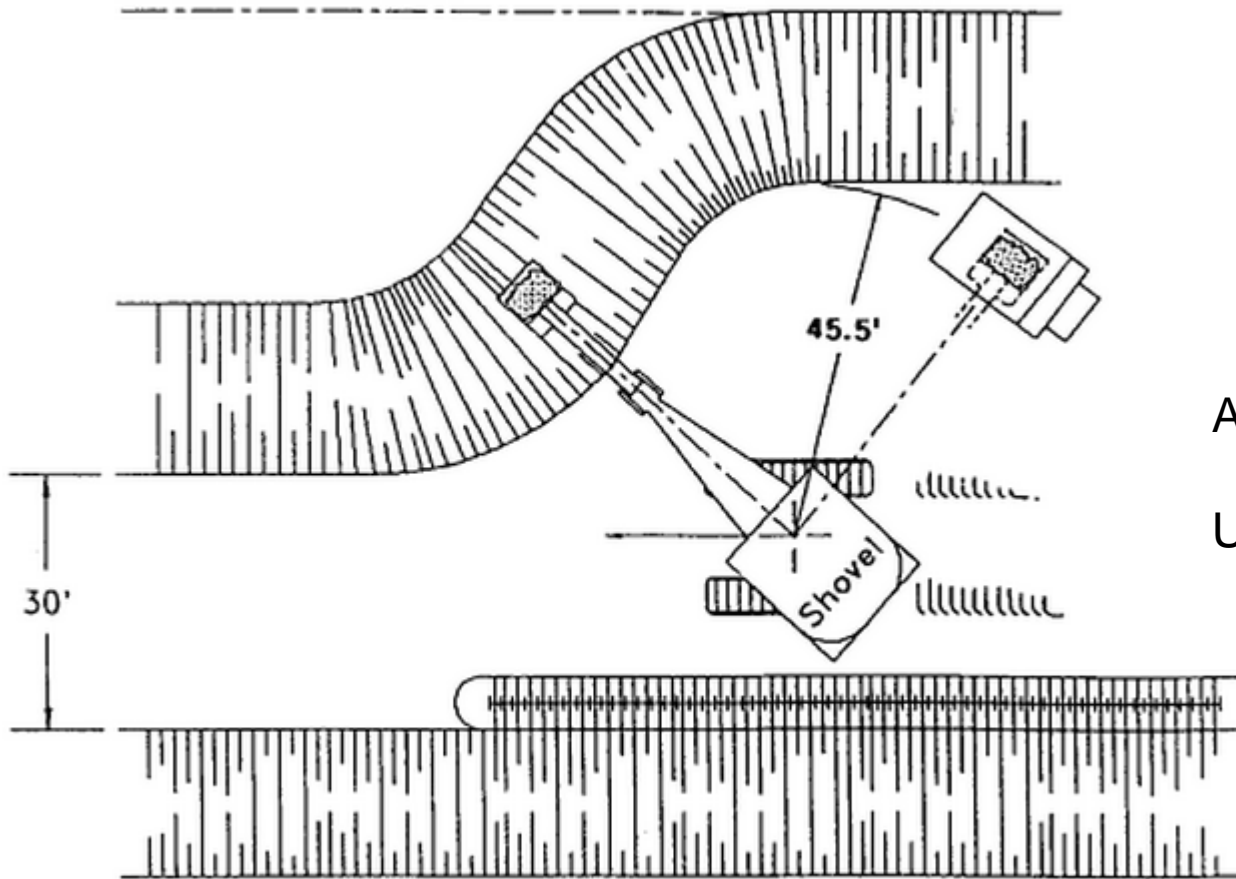
Atac paral·lel del front.

Dos posicions dels dúmpers.

Figure 4.40. Parallel cut with the double spotting of trucks.



CONSIDERACIONS GEOMÈTRIQUES



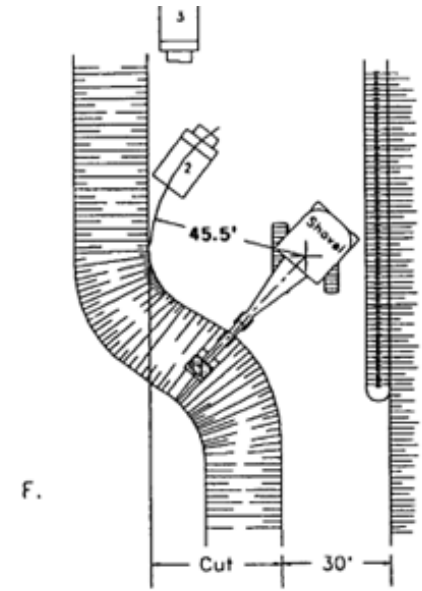
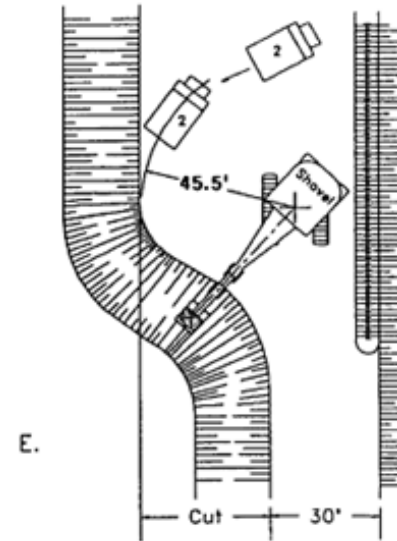
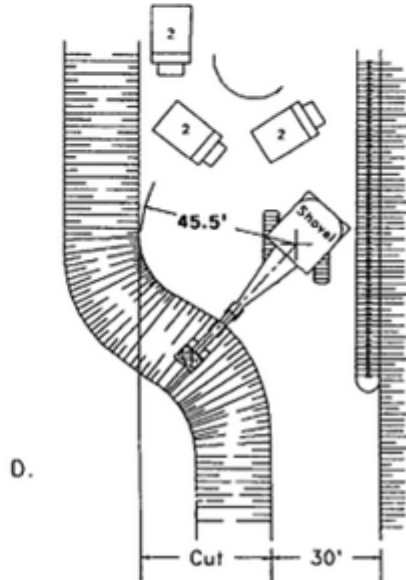
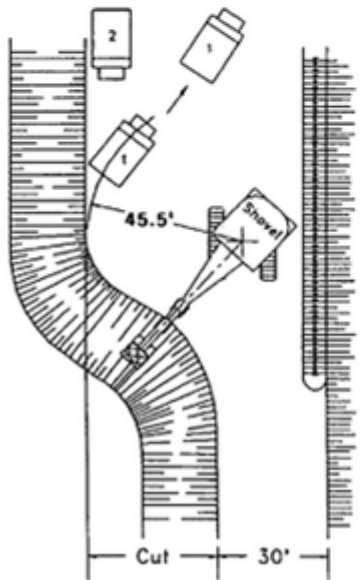
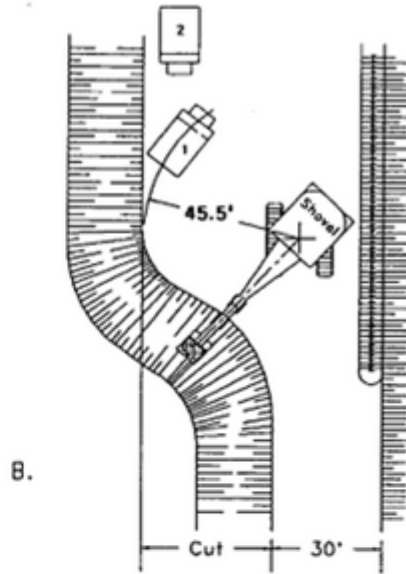
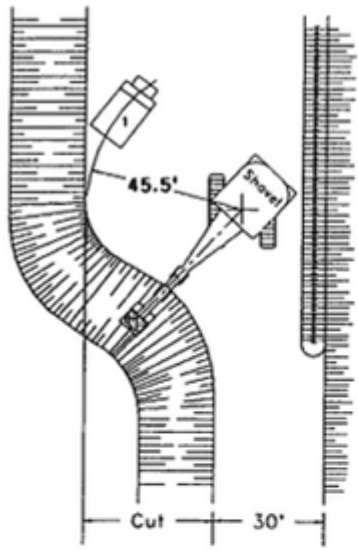
Atac paral·lel del front.

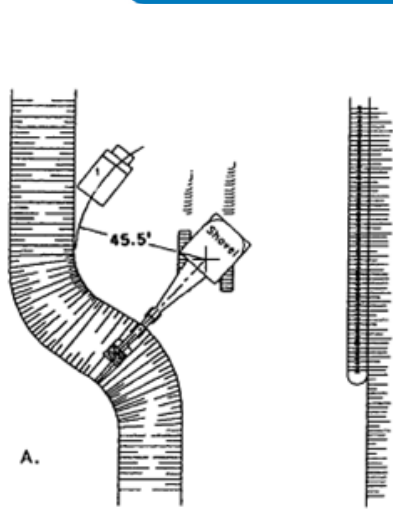
Una posició dels dúmpers.

Figure 4.41. Parallel cut with the single spotting of trucks.

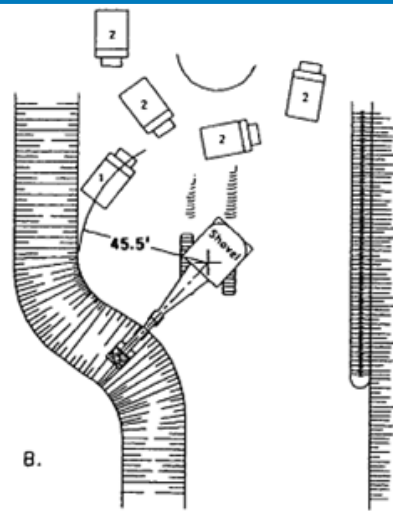


Seqüència per a un atac paral·lel del front amb una posició de dúmper.

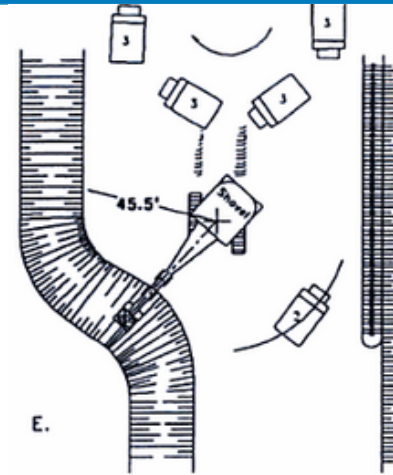




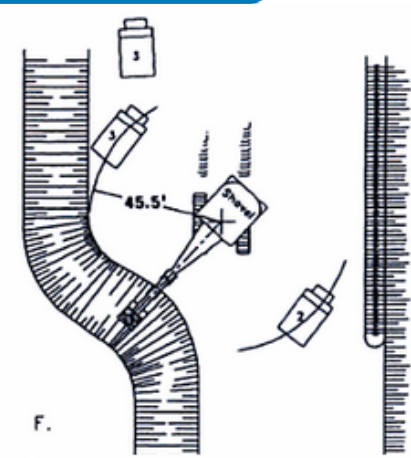
A.



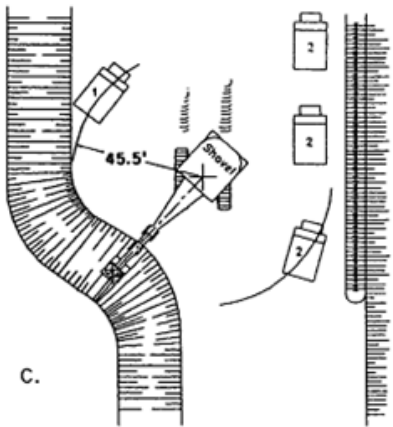
B.



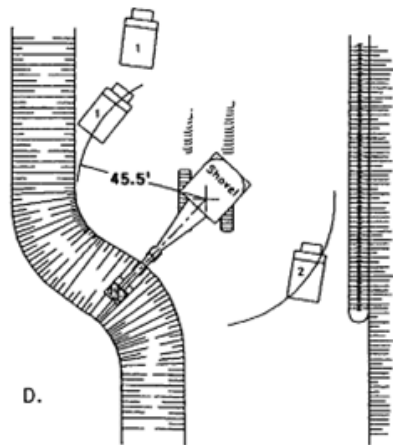
E.



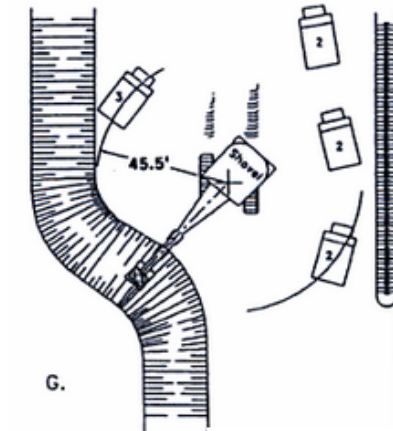
F.



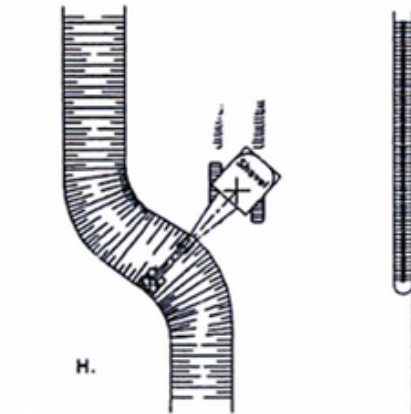
C.



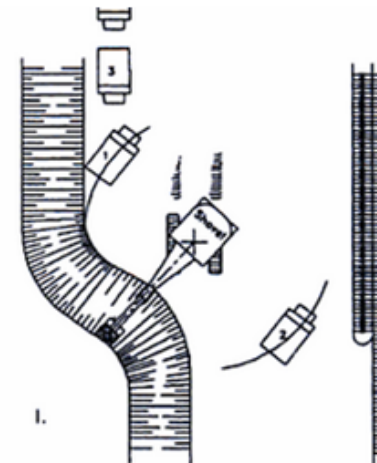
D.



G.



H.



I.

Seqüència per a un atac paral·lel del front amb dos posicions de dúmper.



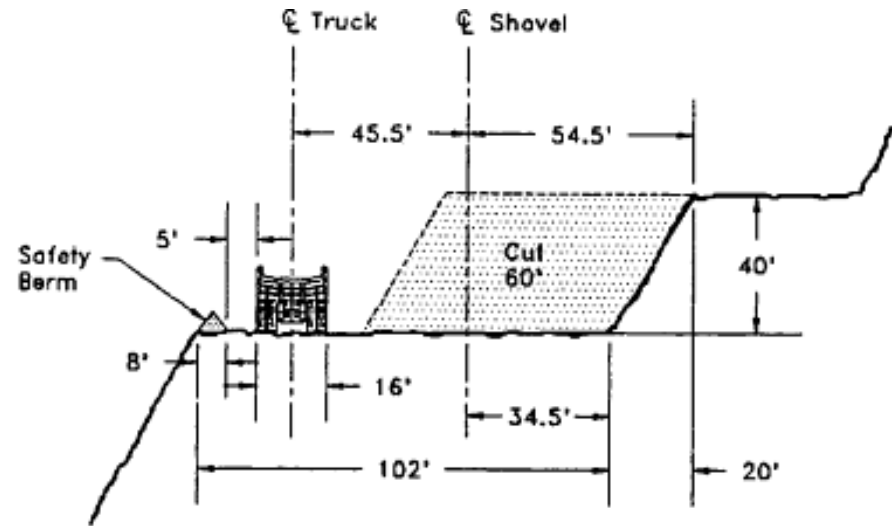
UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional

CONSIDERACIONS GEOMÈTRIQUES

Vista de la geometria en alçat.

Posició excavadora i dúmper.



Zona de perforacions a la vista en planta.

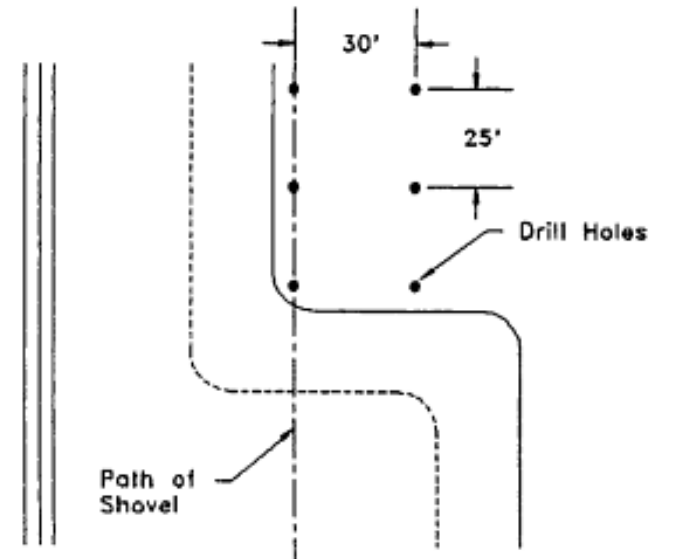
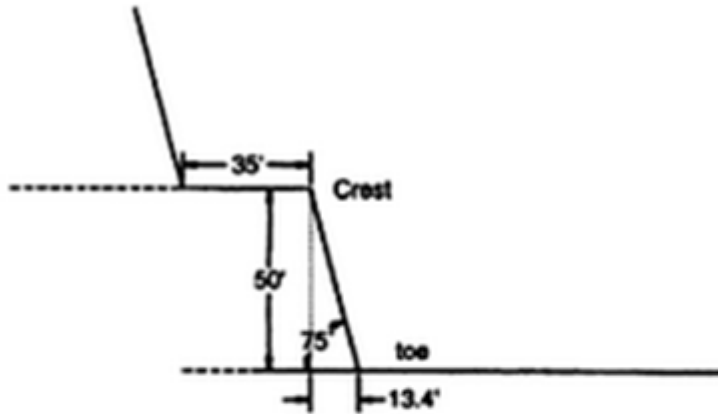
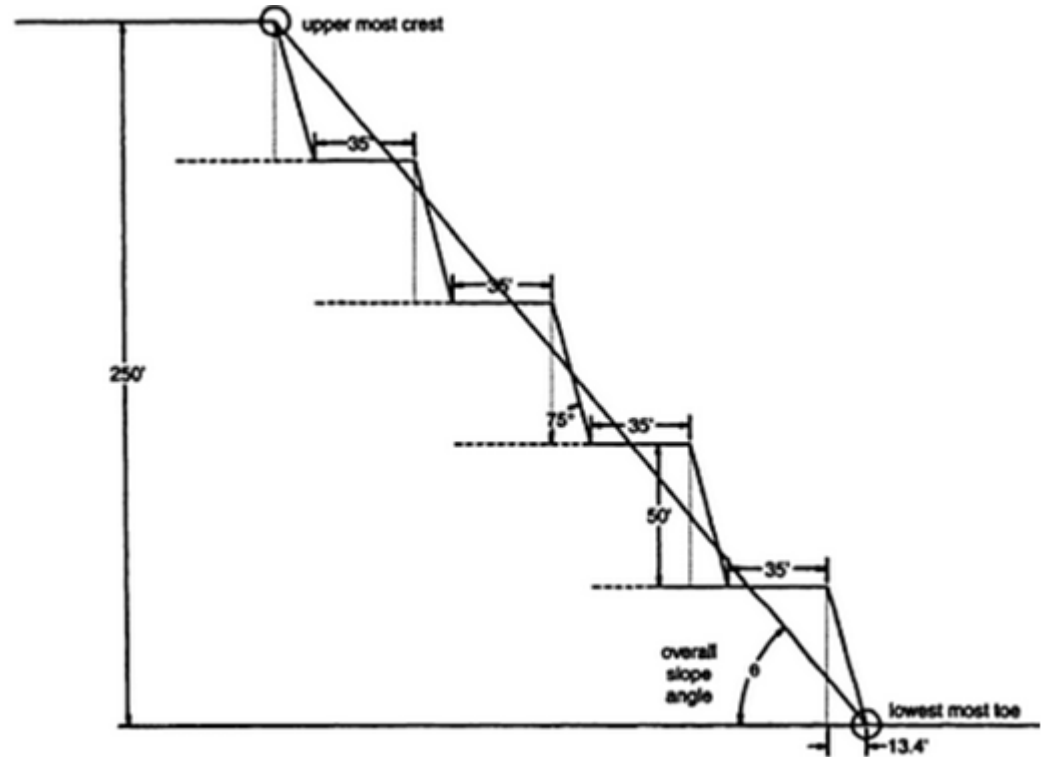


Figure 4.44. Section and plan views through a working bench.

CONSIDERACIONS GEOMÈTRIQUES



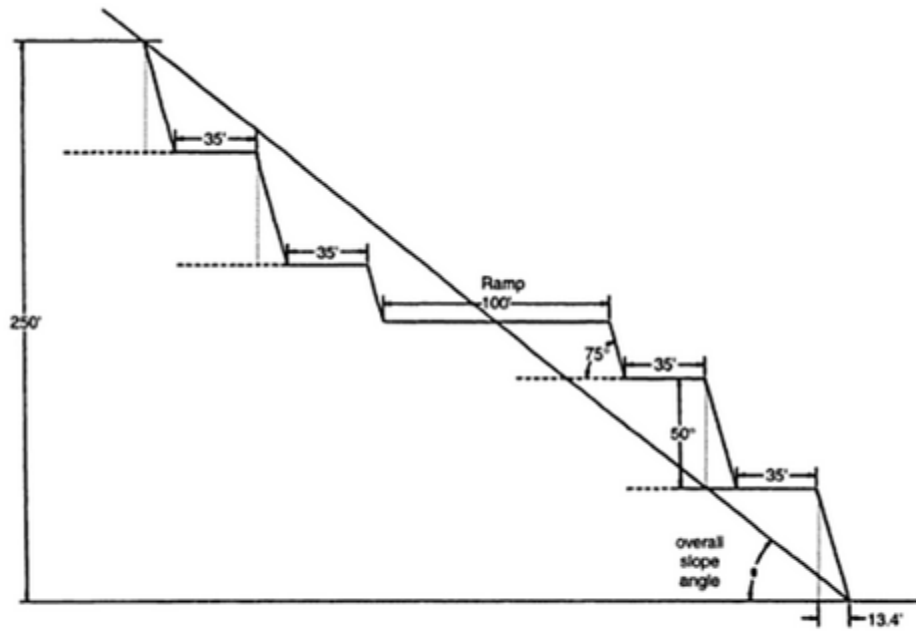
Detalls de les característiques dels bancs.



Talús final, suma de tots els banc amb les seves bermes.

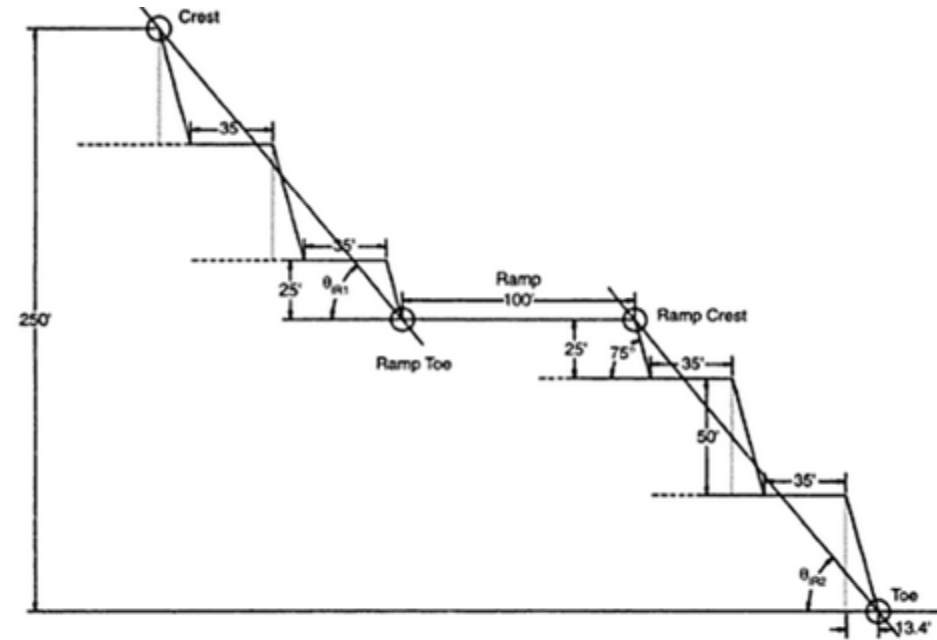


CONSIDERACIONS GEOMÈTRIQUES



CAS AMB RAMPA INTERMITJA:

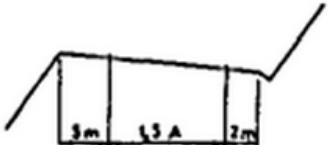
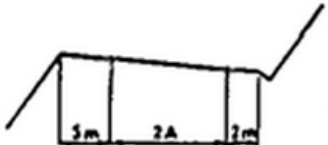
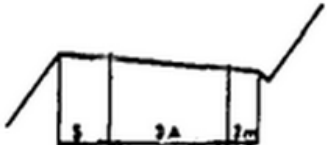

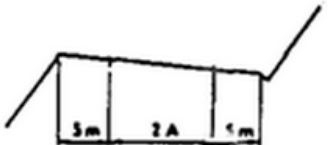
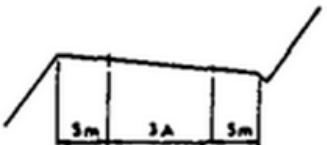
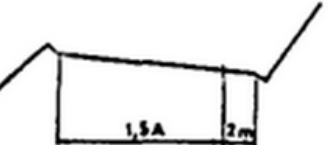
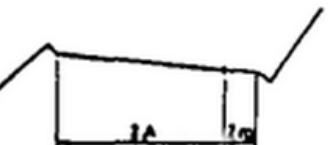

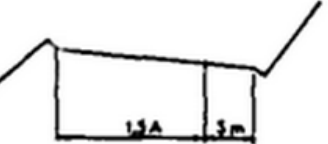
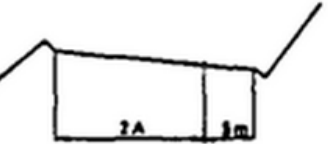
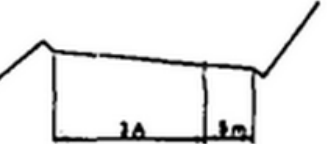
Talús global amb rampa



Dos trams de talús



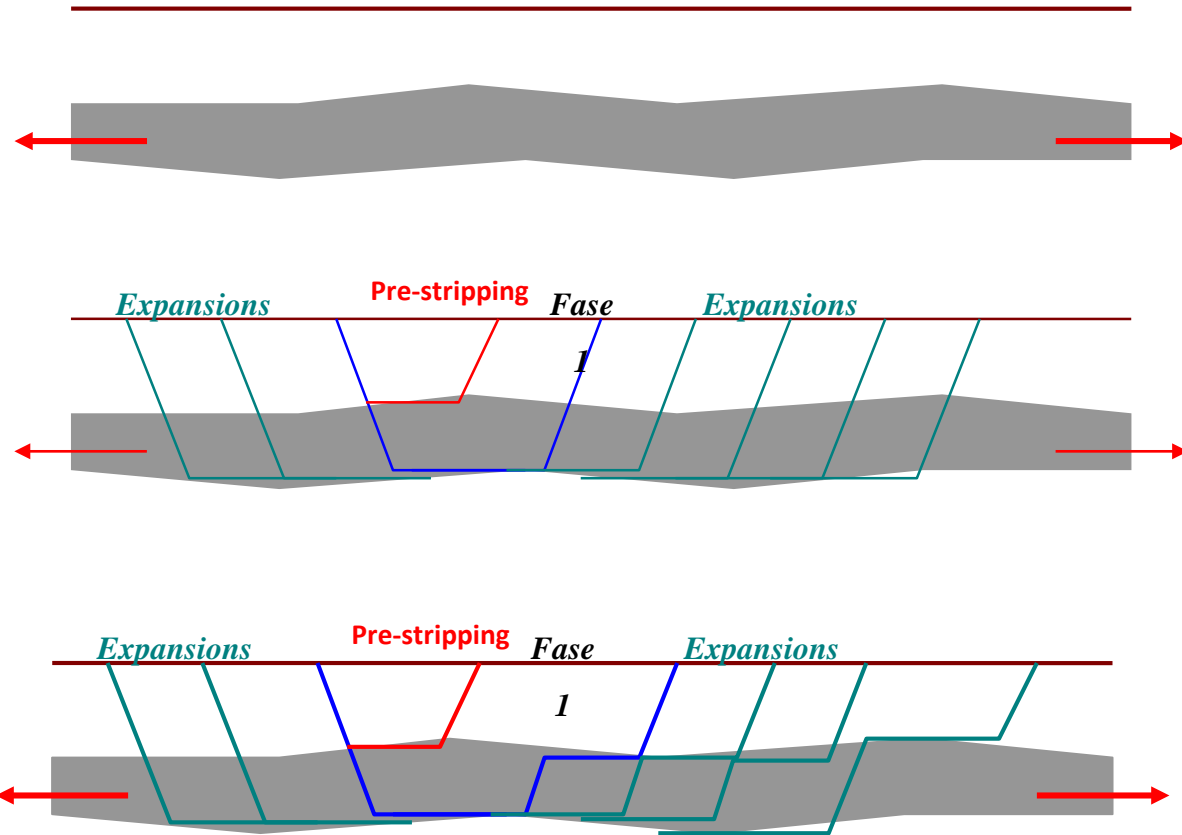
CONSIDERACIONES GEOMÉTRICAS

SECCION TRANSVERSAL DE PISTAS		1 CARRIL		DOS CARRILES
		TRAFICO NORMAL	TRAFICO INTENSO Y PESADO	
SIN BARRERA NO FRANQUEABLE	SIN ARCEN DE SEGURIDAD			
	CON ARCEN DE SEGURIDAD			
CON BARRERA NO FRANQUEABLE	SIN ARCEN DE SEGURIDAD			
	CON ARCEN DE SEGURIDAD			

A = Amplada en metros del vehicle más grande que circuli per la pista



JACIMENTS EN CAPA HORIZONTALS



Per exemple: Es té un jaciment amb una distribució de lleis uniforme en l'horitzontal i en la vertical, una potència constant i econòmicament viable, amb la topografia suau.

El punt d'inici de l'explotació es pot triar en qualsevol lloc, el més probable és que es triï en el sector en què la superfície estigui més a prop del cos.

L'etapa de pre-producció deixarà la fase 1 amb una relació estèril/mineral (E/M) menor que la de les pròximes expansions, i per mantenir una relació E/M constant pot ser compensat com indica a la figura tercera.

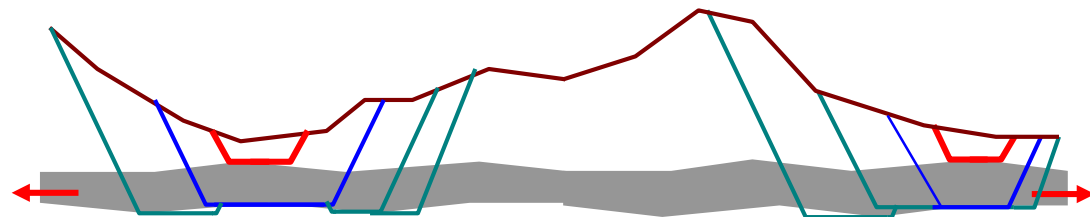
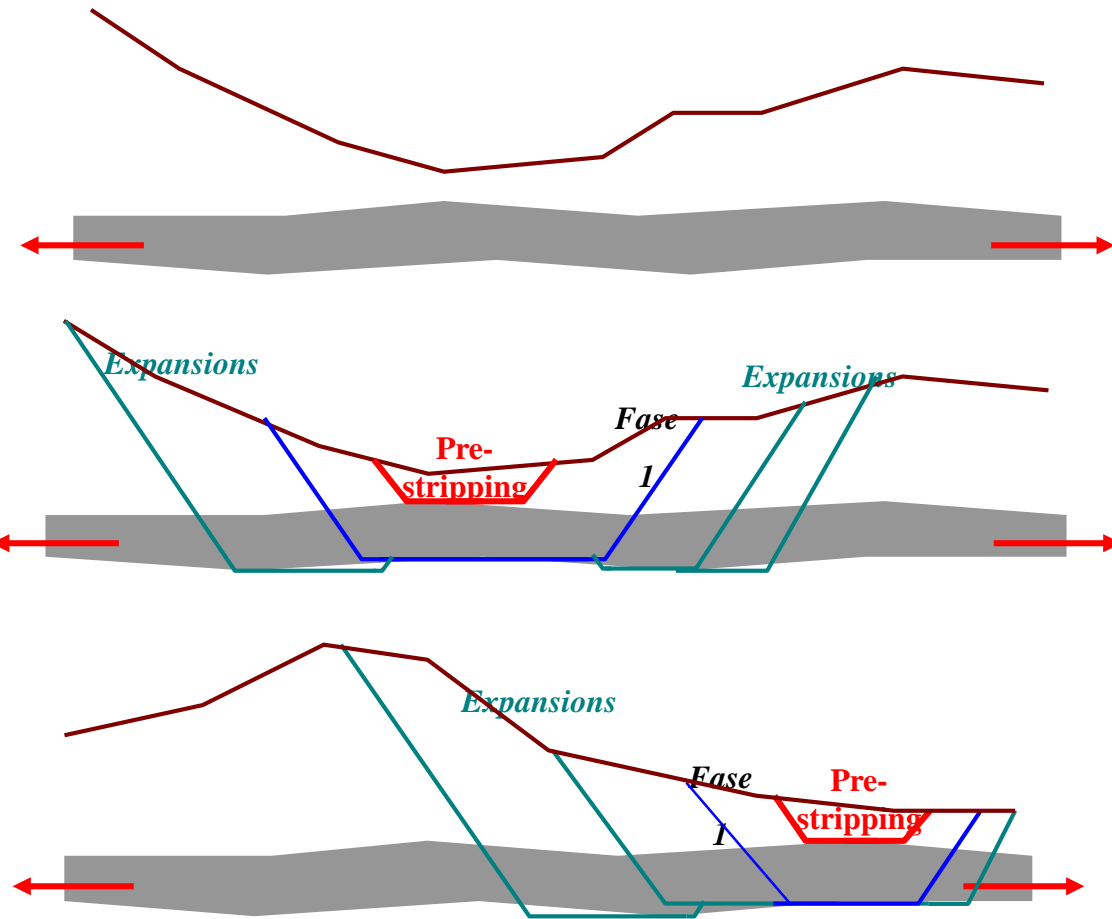


JACIMENTS EN CAPA HORIZONTALS

Per exemple: Amb la topografia més accidentada.

En aquest cas s'optarà per iniciar l'explotació en els sectors de menor profunditat.

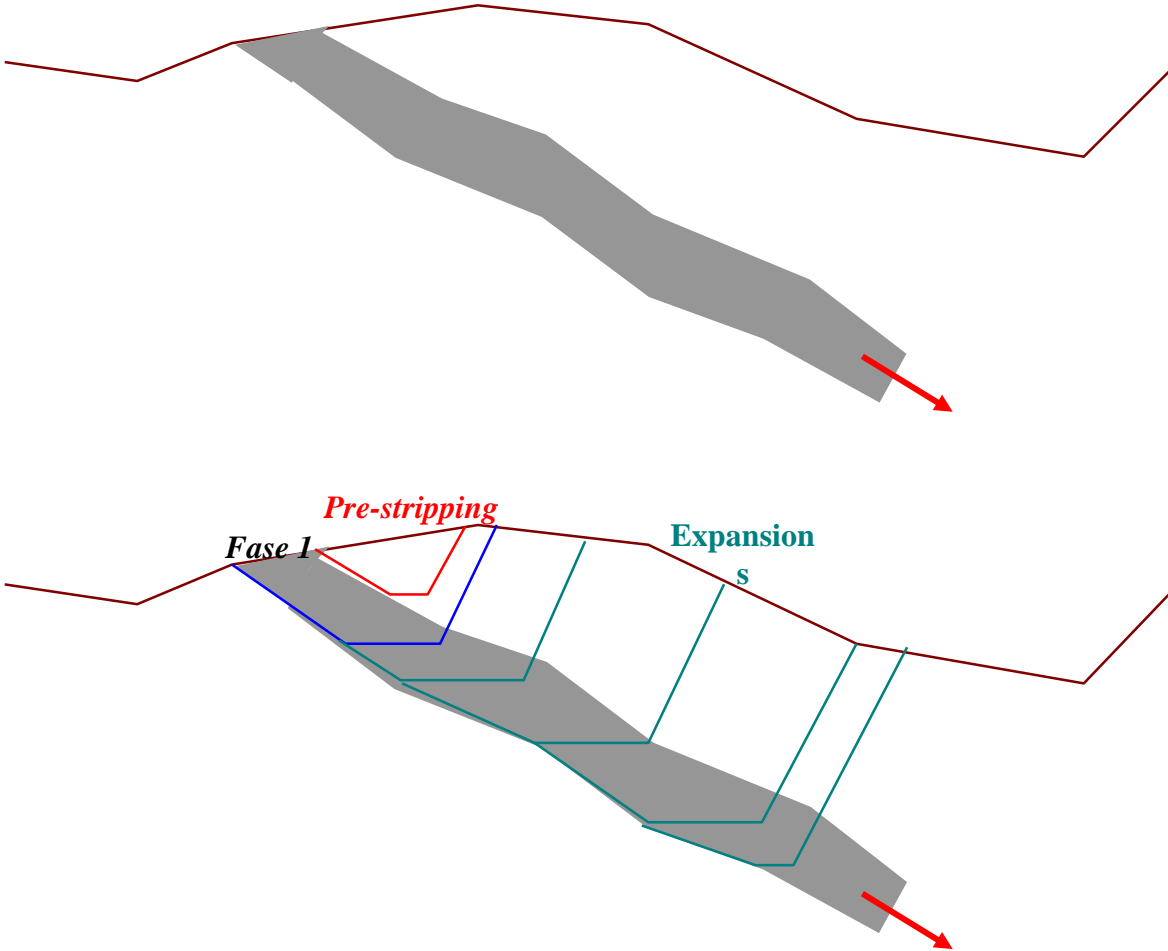
Es pot donar el cas de realitzar les expansions laterals (de l'esquerra) sigui menys atractiu que realitzar l'explotació del mantell en altres sectors, de manera que podria donar-se el cas següent, en el qual quedaria un sector temporalment sense explotar (o potencialment explotable per mètodes subterranis).



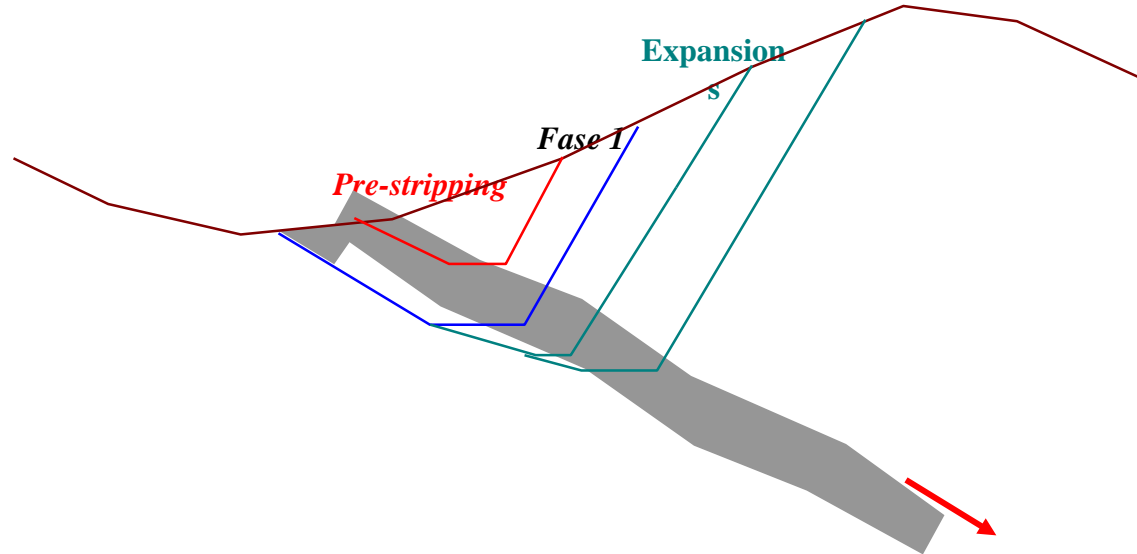
JACIMENTS EN CAPA INCLINADA

Per exemple: Es té un jaciment inclinat amb una distribució de lleis uniforme en l'horitzontal i en la vertical, una potència constant i econòmicament viable, amb la topografia suau.

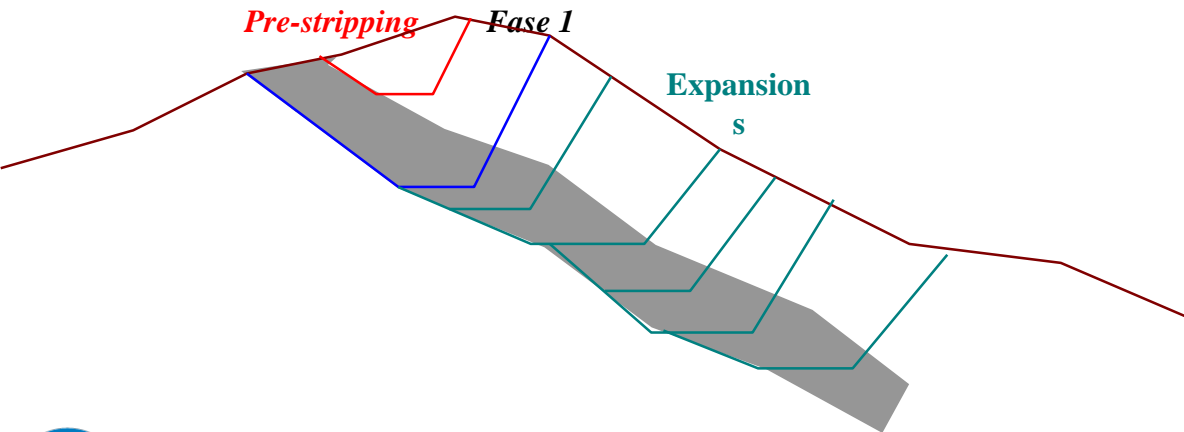
En aquest cas l'etapa de pre producció podria estar absent, o també podria utilitzar-se per aclarir material estèril mentre es construeixen les instal·lacions de la planta. La fase d'explotació del front avançarà mentre pugui sostenir la relació E/M d'acord amb les restriccions econòmiques i operacionals. Es pot observar que dependent de la topografia s'observaran variacions en la seqüència de l'explotació i òbviament en els límits finals.



JACIMENTS EN CAPA INCLINADA



TOPOGRAFIA DESFAVORABLE



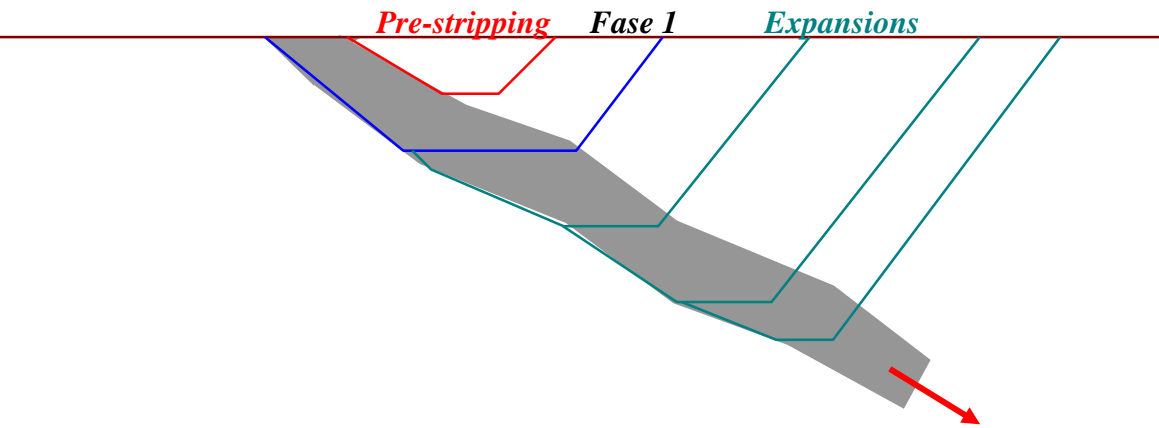
TOPOGRAFIA FAVORABLE



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional

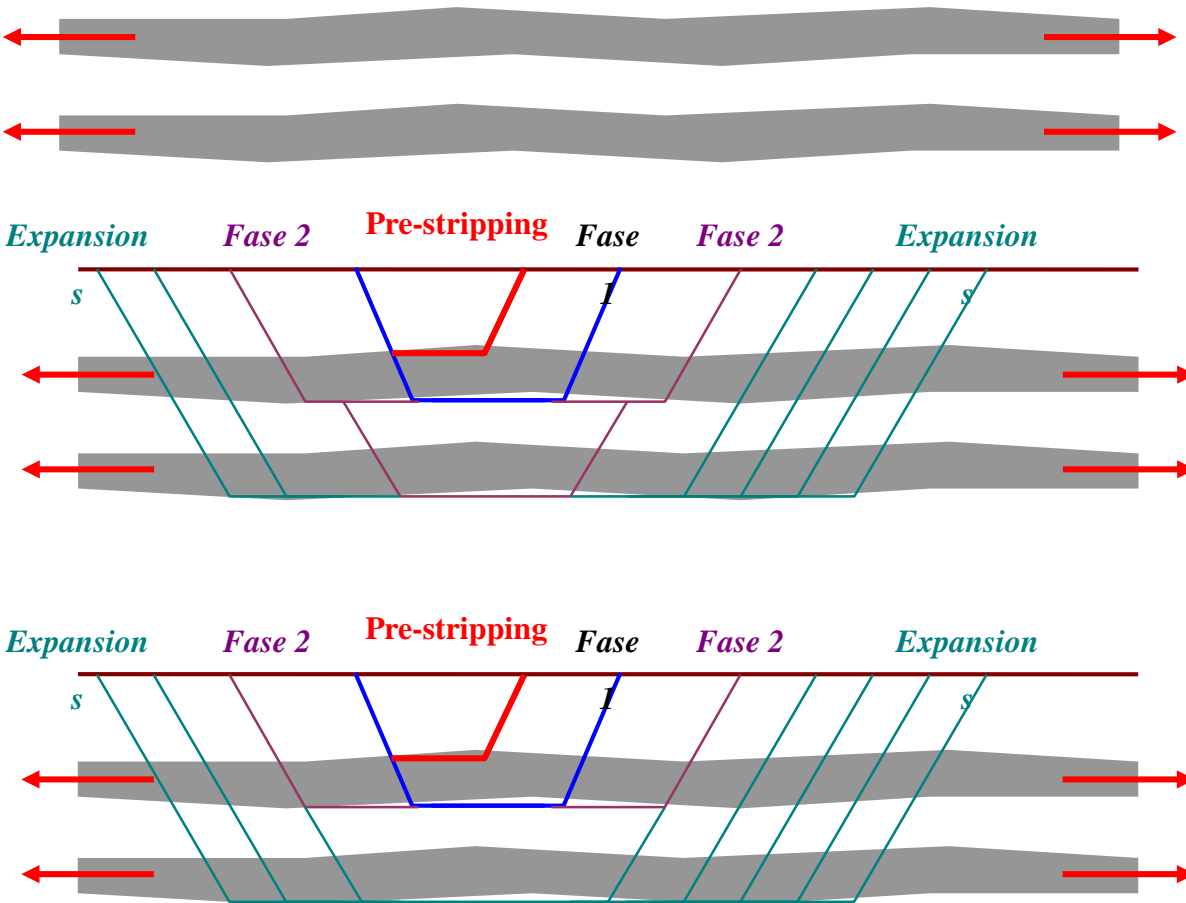
JACIMENTS EN CAPA INCLINADA



TOPOGRAFIA HORIZZONTAL



JACIMENTS MULTICAPES



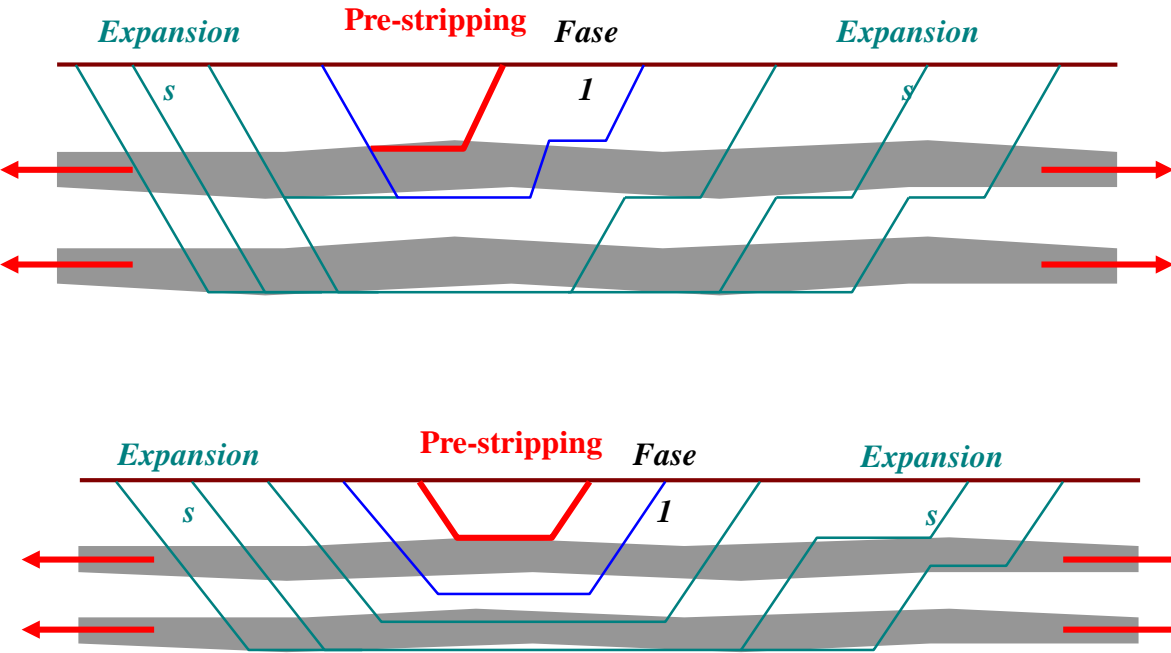
Jaciment multicapa amb una distribució de lleis uniforme en l'horitzontal i en la vertical, amb potències constants i econòmicament viable.

Es pot observar que la relació E/M posterior a l'explotació de la fase 2 es pot considerar constant, la qual cosa juntament amb el fet que es tingui un jaciment amb dos límits inferiors definits fa suposar que l'explotació serà similar al cas d'un mantell únic.

En extreure la pre-producció es pot observar que el jaciment pot mantenir una relació E/M relativament constant excepte per a la fase 1. Es pot optar per diverses configuracions d'explotació per mantenir una relació E/M constant.



JACIMENTS MULTICAPES



Es pot optar per diverses configuracions d'exploració per mantenir una relació E/M constant.

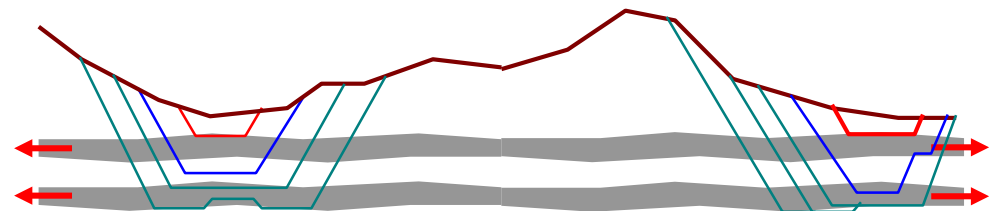
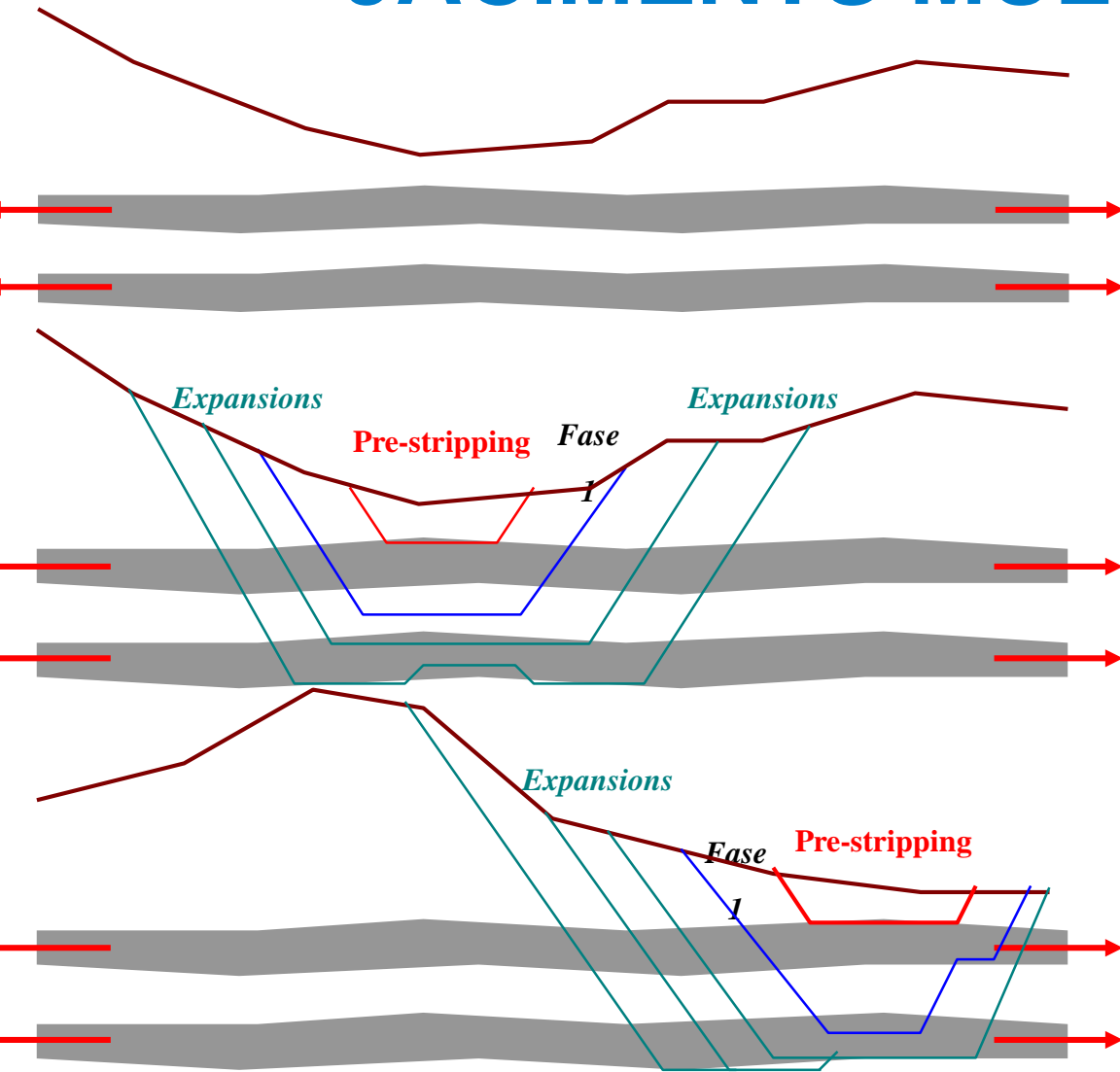


JACIMENTS MULTICAPES

TOPOGRAFIA ACCIDENTADA

Iniciar l'explotació en els sectors de menor profunditat.

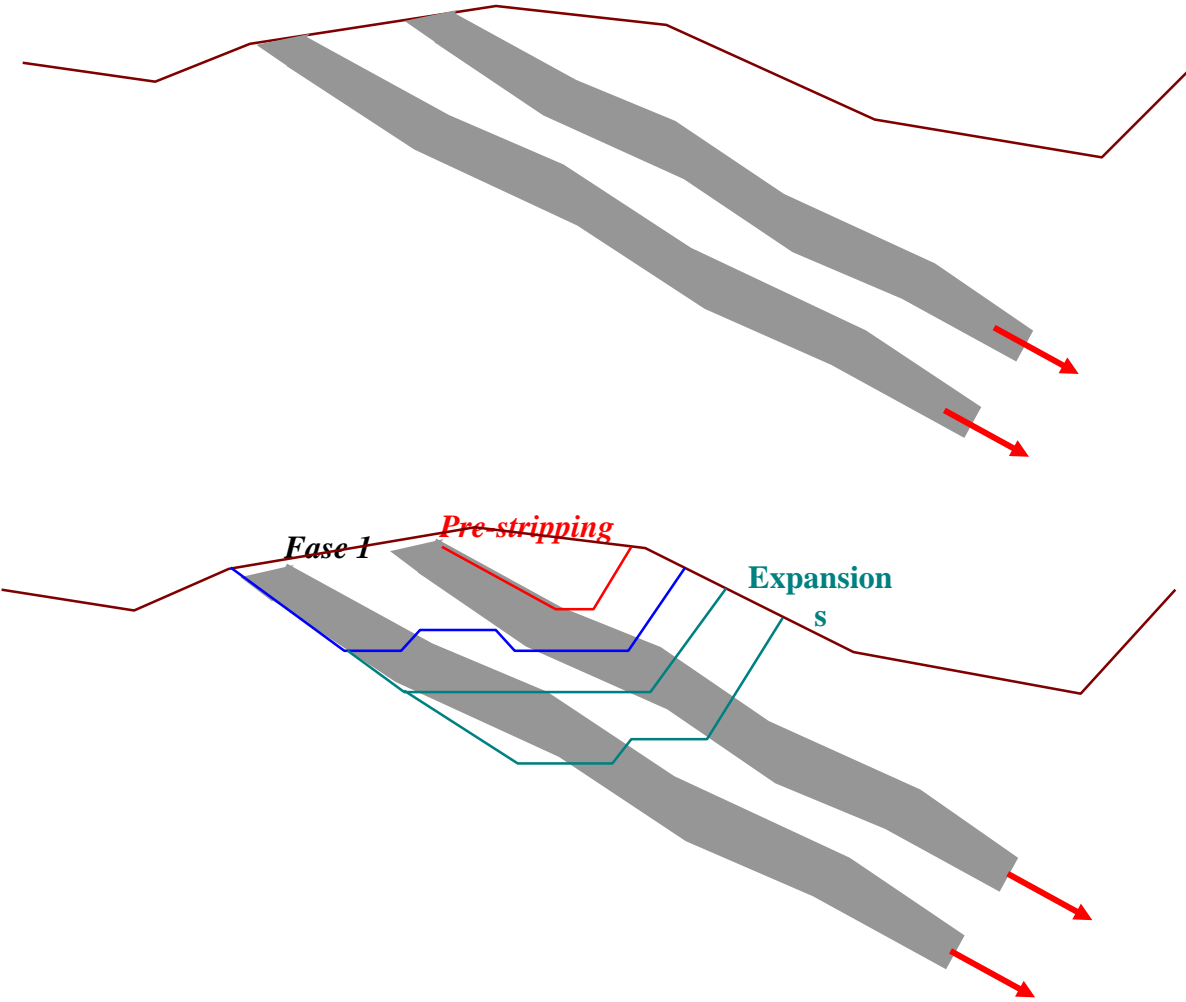
En aquest cas l'explotació de les expansions addicionals estarà subjecta a les condicions de la relació E/M i al model econòmic. Es pot donar el cas de realitzar les expansions laterals (de l'esquerra) sigui menys atractiu que realitzar l'explotació del mantell en altres sectors, de manera que podria donar-se el cas següent, en el qual quedaria un sector temporalment sense explotar (o potencialment explotable per mètodes subterranis).



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional

JACIMENTS MULTICAPES INCLIANES

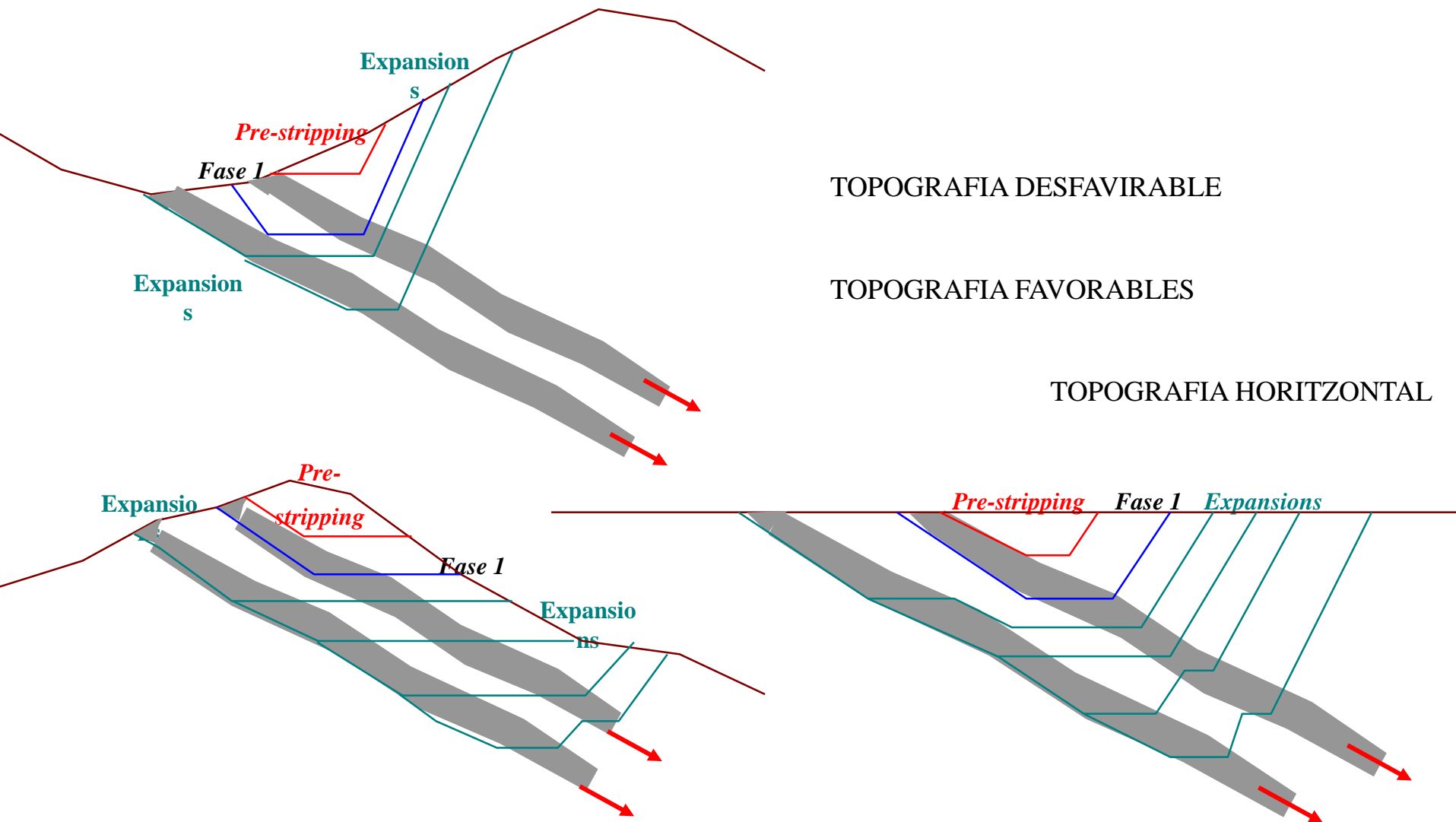


Considerem un jaciment amb una distribució de lleis uniforme, potències constants i econòmicament viable.

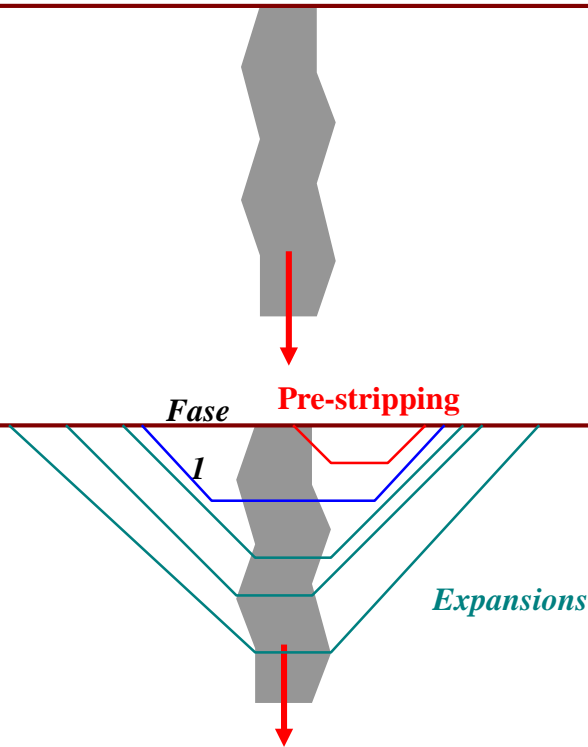
Seqüència d'exploració queda donada pel següent esquema.



JACIMENTS MULTICAPES INCLIANES



JACIMENTS EN VETES VERTICALS



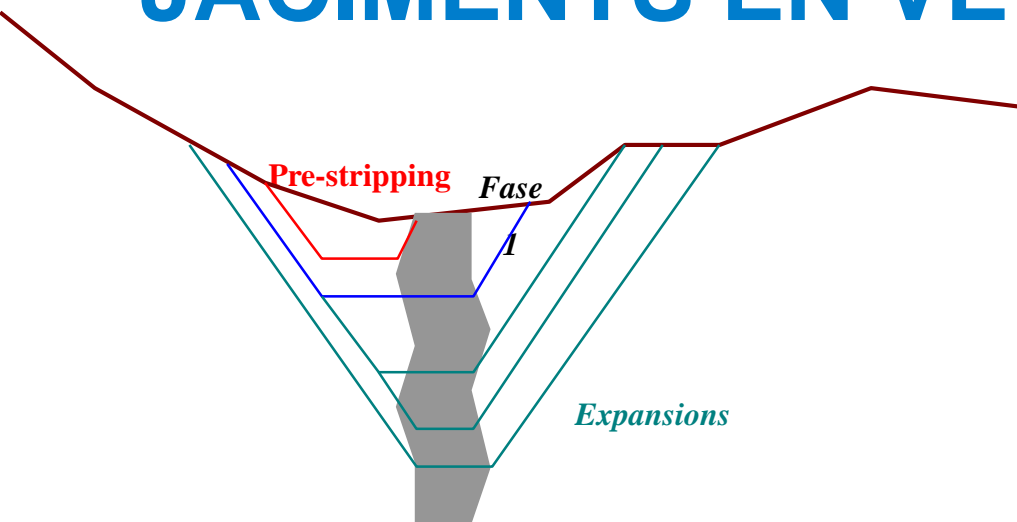
L'elecció del punt d'inici de l'explotació es definirà en el punt on la veta aflora.

L'etapa de pre-producció pot no existir o formar part de moviment d'estèril i apilament de mineral mentre s'instal·la la planta.

La relació E/M posterior a l'explotació de la fase 1 és creixent a mesura que s'aprofundeix l'explotació, la qual cosa juntament amb el fet que es tingui un jaciment amb un límit inferior indefinit fa suposar que la dotació de equips necessària per a l'explotació anirà augmentant inevitablement.

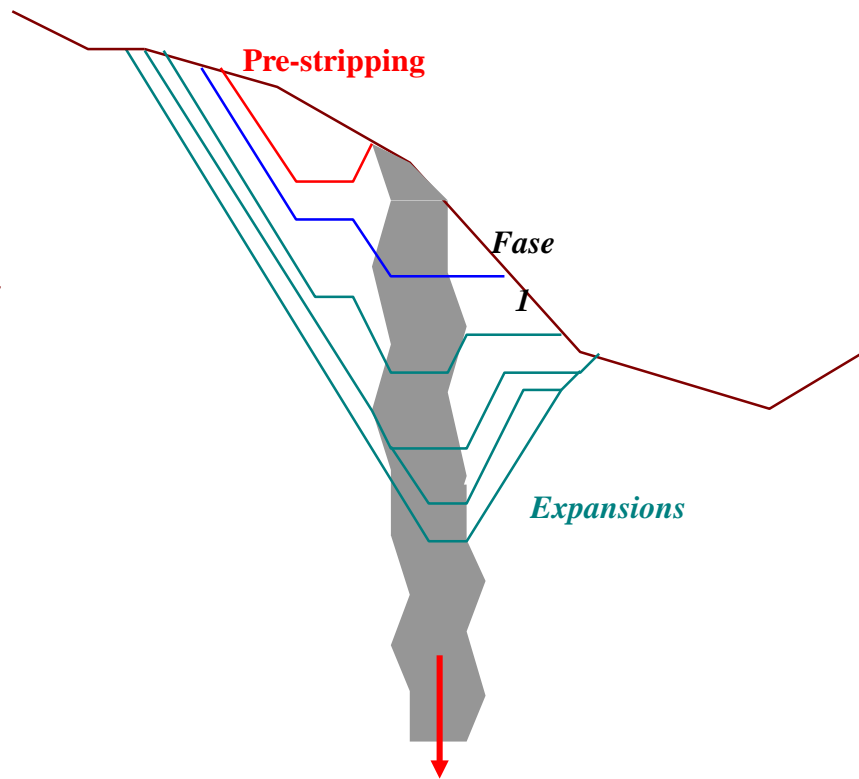
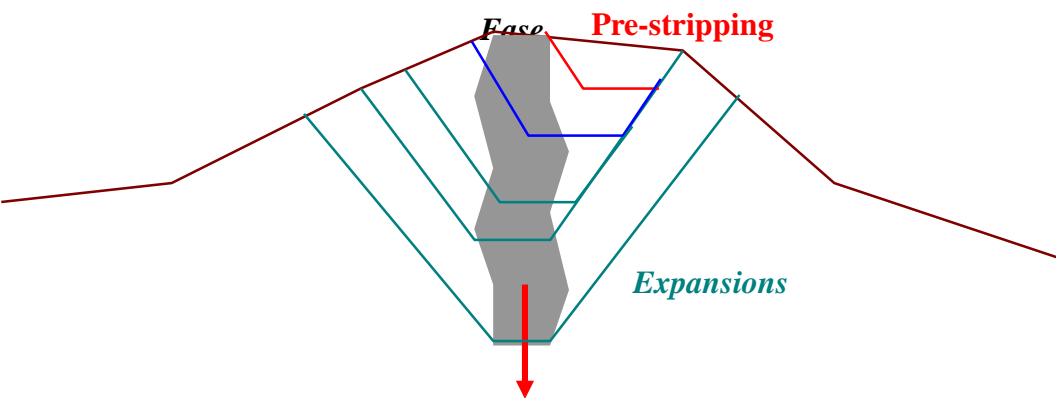
En l'explotació d'un jaciment d'aquestes característiques resulta molt més clar que la profunditat dependrà del model econòmic i quedarà definida pel punt en què l'explotació subterrània sigui més atractiva.

JACIMENTS EN VETES VERTICALS

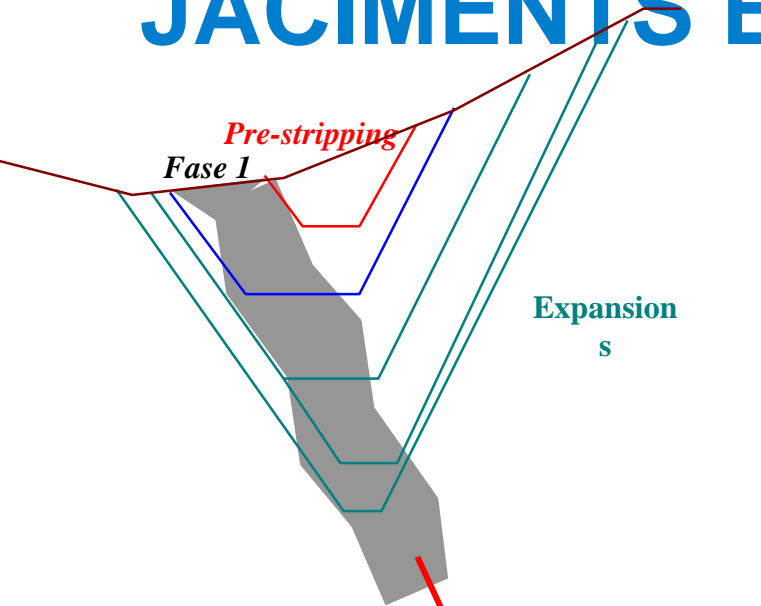


En aquest cas la relació E/M es fa més significativa que en el cas anterior.

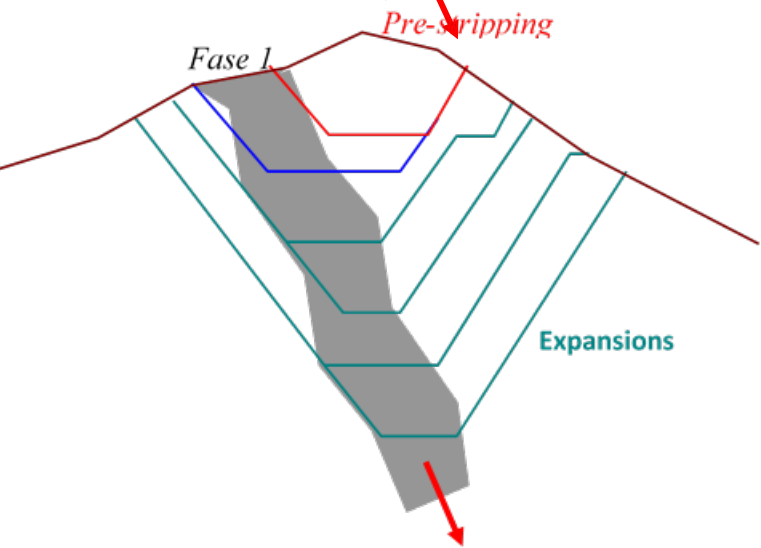
En aquest cas l'explotació de les tallades addicionals estarà subjecta a les condicions de la relació E/M i al model econòmic.



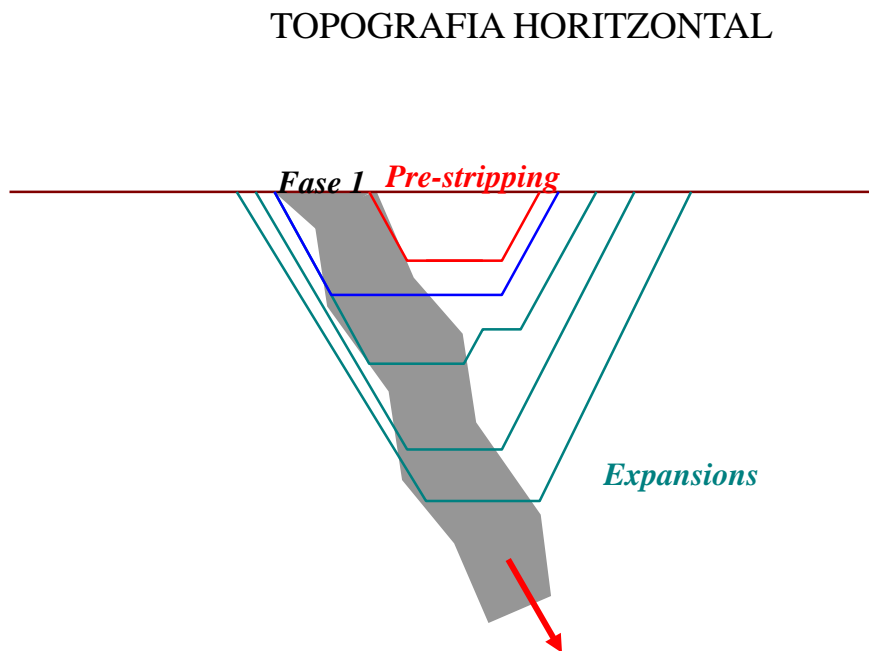
JACIMENTS EN VETES VERTICALS



TOPOGRAFIA DESFAVORABLE



TOPOGRAFIA FAVORABLE



TOPOGRAFIA HORIZZONTAL

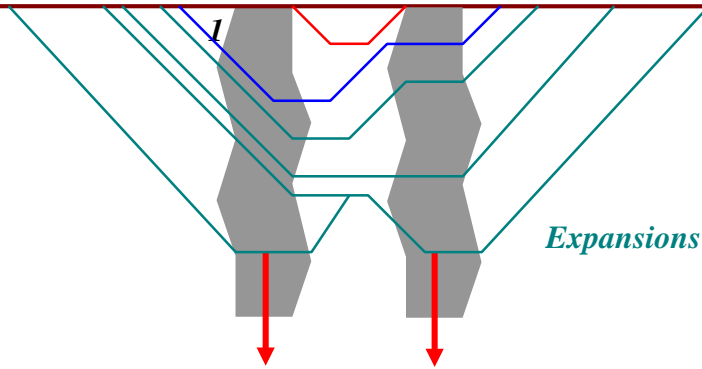


UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional

JACIMENTS EN VETES VERTICALS

Fase **Pre-stripping**

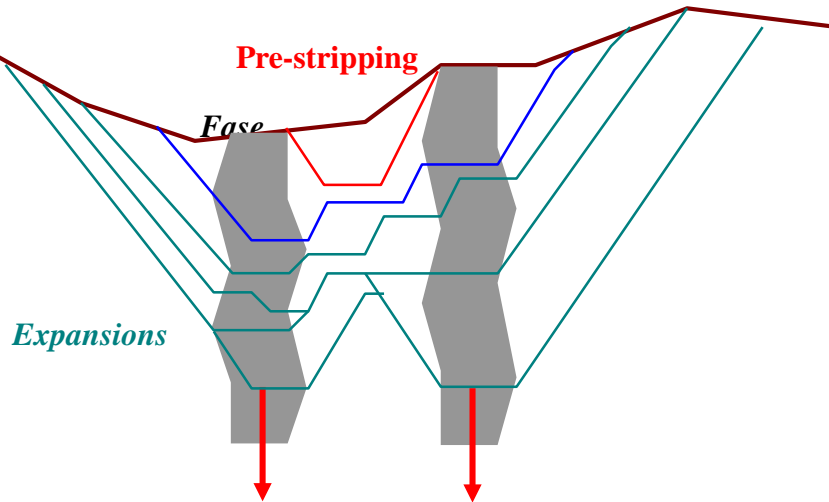


Es pot observar que l'elecció del punt d'inici de l'explotació es definirà en el punt on la veta aflora.

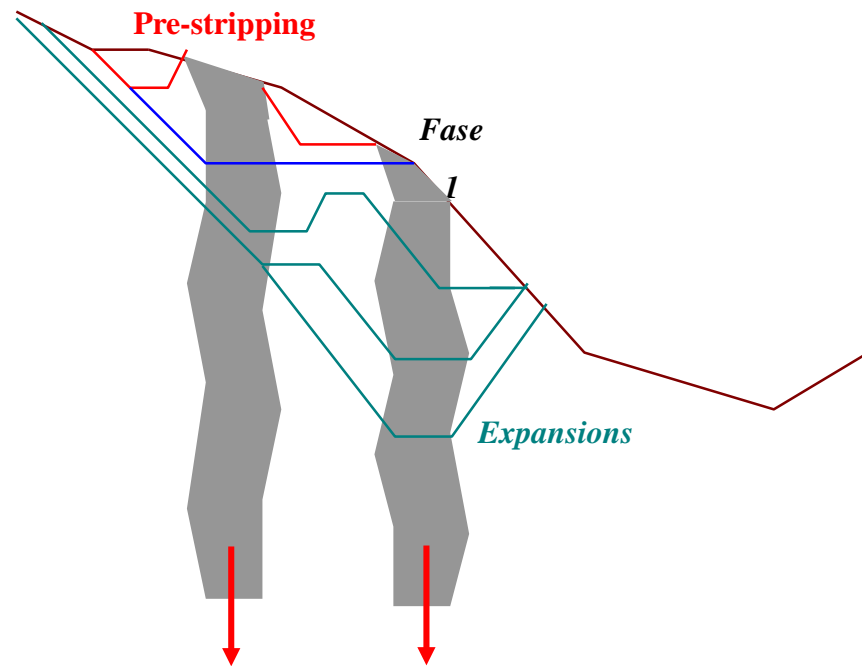
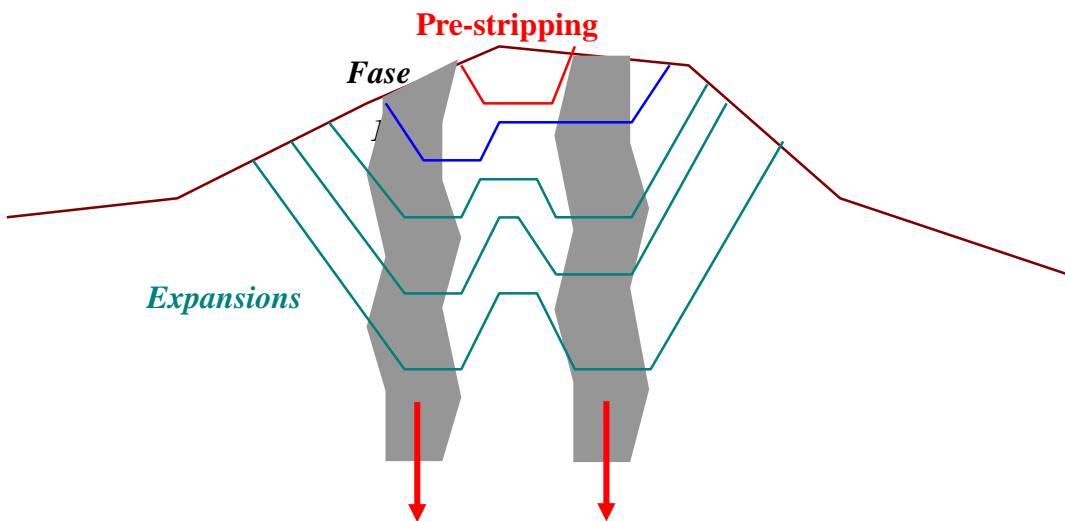
Es pot observar que la forma del fons del pit dependrà de la distància que hi hagi entre les vetes, si aquesta és relativament petita (per a l'explotació) el fons serà pla i anivellat, en canvi si la distància és significativa al fons del pit adquirirà la forma que minimitzi l'extracció de material estèril (entre les vetes) complint amb les dimensions operacionals exigides.

Pre-stripping

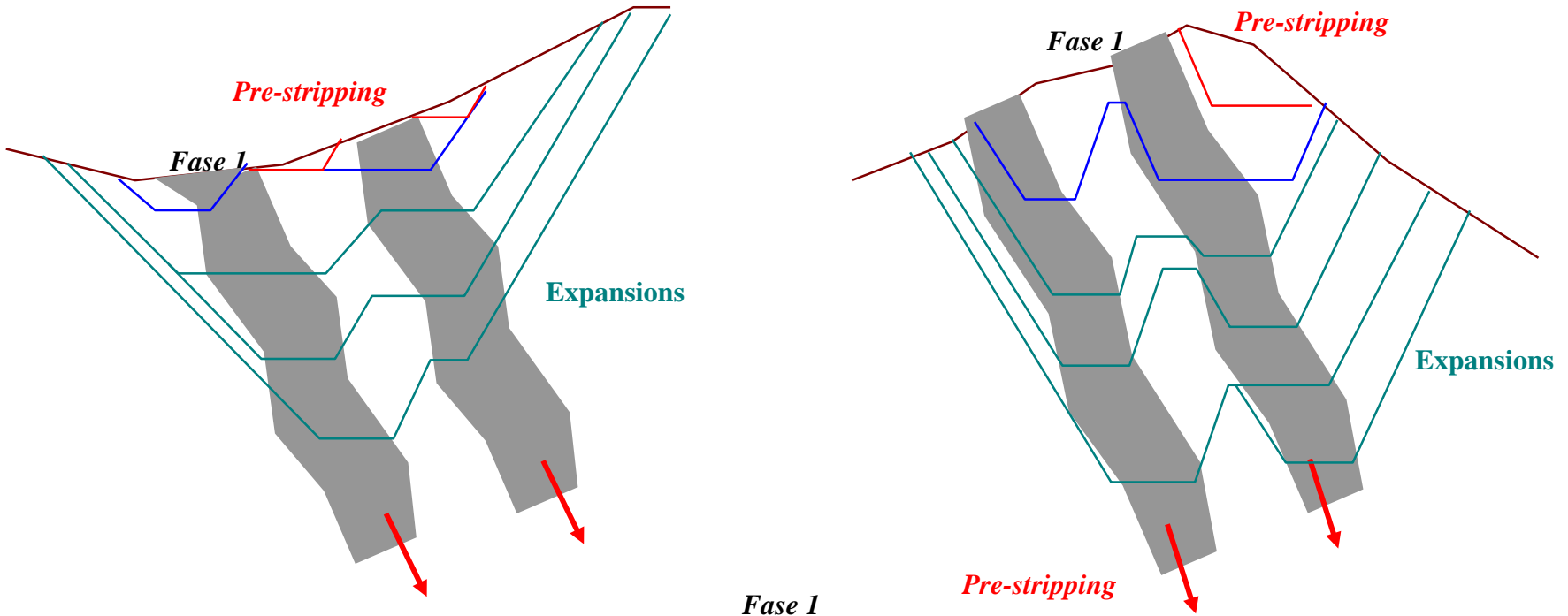
Fase



JACIMENTS EN VETES VERTICALS



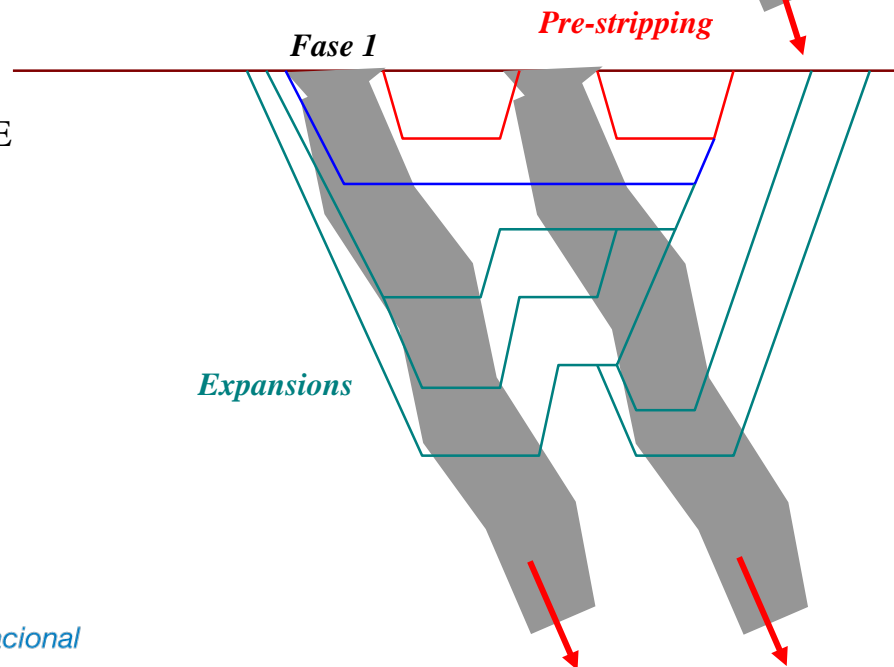
JACIMENTS EN VETES VERTICALS



TOPOGRAFIA DESFAVORABLE

TOPOGRAFIA FAVORABLE

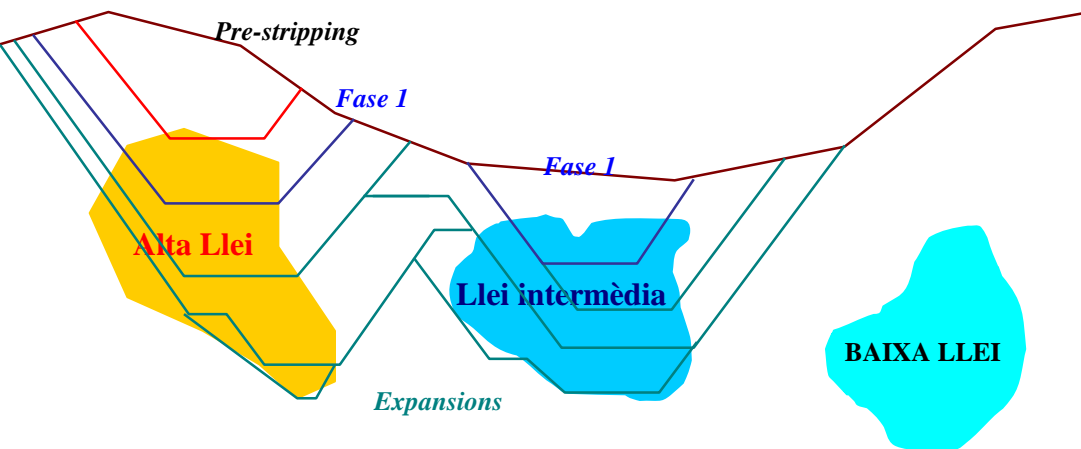
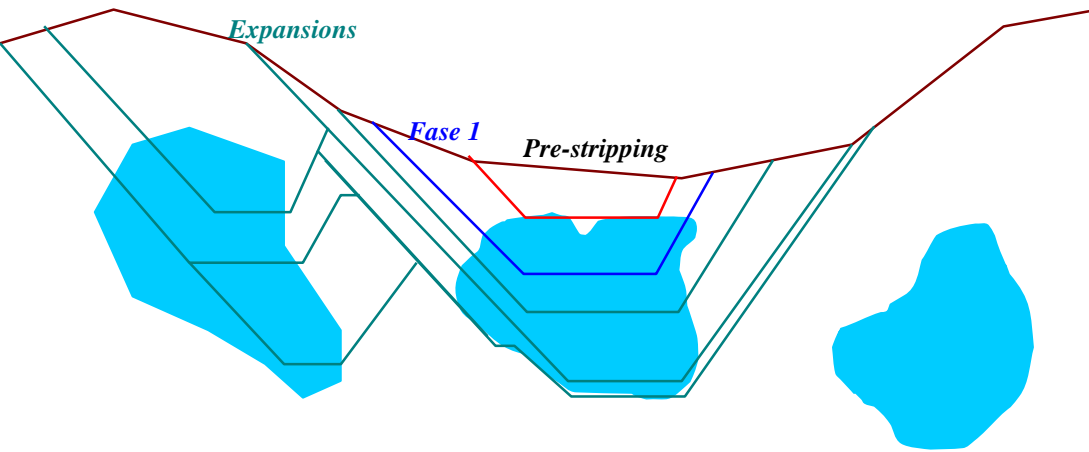
TOPOGRAFIA HORIZZONTAL



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional

JACIMENTS AMB COSOS

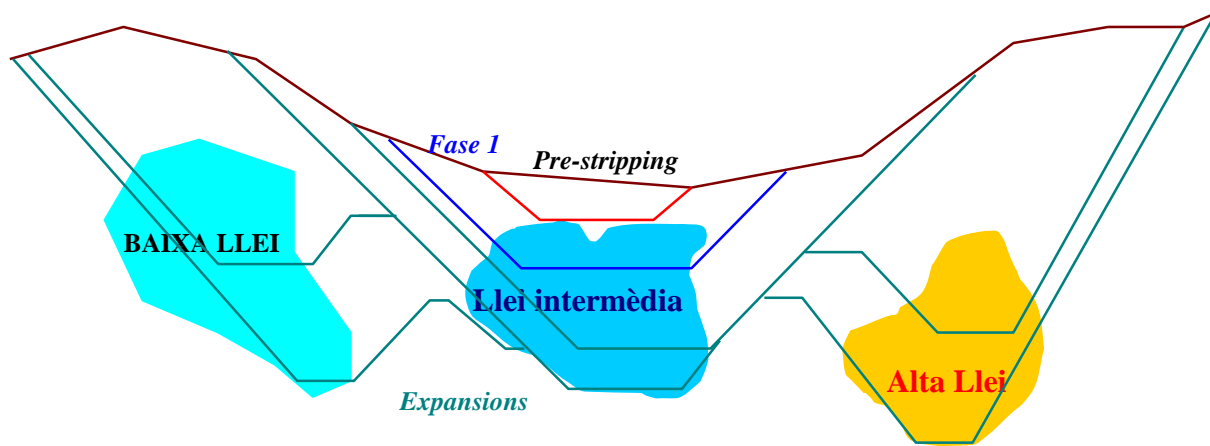


Diverses alternatives i la seqüència d'explotació dependrà de la qualitat i característiques dels cossos (distribució espacial, tonatge i lleis).

Principalment s'ha d'avaluar tècnica i econòmicament l'alternativa d'iniciar l'explotació per un o altre cos. Novament potser el cos més profund (que en aquest cas és de menor llei) no sigui rendible la seva extracció.



JACIMENTS AMB COSOS



En aquest cas es pot observar que el jaciment podria ser explotat gairebé íntegrament, a causa de la distribució espacial dels cosos.

CUT-OFF O LLEI DE TALL

Llei mínima a partir de la qual **un bloc mineral** passarà a ser o considerar com a mineral (dona benefici econòmic). Cas límit, no hi ha benefici:

Ingressos = Costos

$$\text{Llei de tall} = \frac{\text{Costos imputats a mineral (mina i processament)} \left[\frac{\text{€}}{\text{kg tot-ú}} \right]}{\left\{ \text{Preu producte vendible} \left[\frac{\text{€}}{\text{kg min recuperat}} \right] - \text{costos fundició i refinament} \right\} * \text{rendiments} \left[\frac{\text{kg min recuperat}}{\text{kg min}} \right]}$$

$$G = \frac{m}{(p - s) \times r}$$

where: G is the cut-off grade (kg/t),

m is the milling cost (\$/t),

p is the sale price of the commodity (\$/kg),

s is the sales cost (i.e. refining, marketing; \$/kg), and

r is the process recovery (%).



CUT-OFF O LLEI DE TALL

EXEMPLE:

CATEGORIA I:

1) Cost directe mina:

Cost de perforació	0.04	US \$/t material minat
Cost de voladura	0.07	US \$/t material minat
Cost de càrrega	0.11	US \$/t material minat
Cost de transport	0.28	US \$/t material minat
Cost de serveis	0.18	US \$/t material minat
Cost d'administració mina Prevenió de Riscos, Recursos Humans, Administració, Serveis Mèdics, etc	0.21	US \$/t material minat
TOTAL COST DIRECTE MINA	0.89	US \$/t material minat

2) Depreciació dels equips miners

0.50 US \$/t material minat

TOTAL CATEGORIA I	1.39	US \$/t material minat
--------------------------	-------------	------------------------



CUT-OFF O LLEI DE TALL

CATEGORIA II:

1) Cost tractament del mineral:

Cost Processament de Mineral	4.40	US \$/t mineral tractat
-------------------------------------	-------------	-------------------------

2) Cost gerència general:

Cost administració central	0.90	US \$/t mineral tractat
-----------------------------------	-------------	-------------------------

TOTAL CATEGORIA II	5.30	US \$/t mineral tractat
---------------------------	-------------	-------------------------

CATEGORIA III:

1) Cost transport, port, crèdits, assegurances, tractament per fusió i/o refinació, etc:

TOTAL CATEGORIA III	0.38	US \$/lb Cu
----------------------------	-------------	-------------

Recuperació metal·lúrgica (RM): 90 %

Preu del metall: 1.10 US \$/lb Cu



CUT-OFF O LLEI DE TALL

$$\text{Llei de tall} = \frac{\text{Categoria I} + \text{Categoria II}}{(\text{Preu venda} - \text{Categoria III}) * \frac{RM}{100} * \frac{2204,6 \text{ lb}}{1 \text{ t}}} * 100 = 0,47\%$$

Podem observar que per a un mateix model de costos i condicions metal·lúrgiques s'obtenen els següents

resultats per a diferents preus del metall:

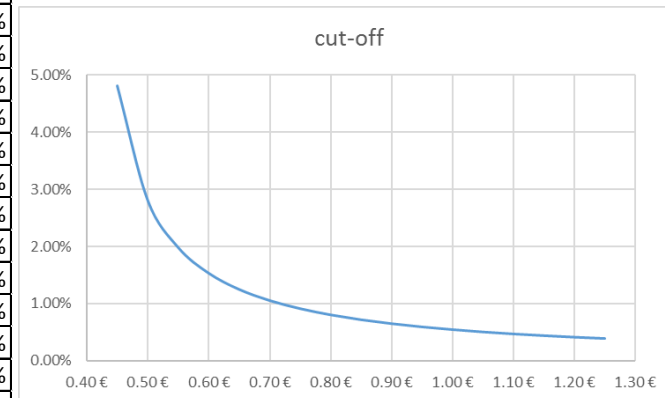
Per a cada un d'aquests preus es considerarà com a recurs explotable o mineral tot aquell material que tingui una llei igual o superior al de la llei de tall crítica corresponent, per la qual cosa un millor preu fa una major quantitat de recursos. Això té directa relació amb la vida útil de la mina.

Aquesta variació es tradueix en una variació dels recursos explotables pel projecte, pel que resulta molt important l'estimació del model econòmic per al disseny d'una explotació, per la notable sensibilitat del recurs davant la variació del preu del producte.

Es necessari realitzar un inventari de reserves, el qual ens permetrà definir el grau de sensibilitat del disseny en funció dels indicadors econòmics del model.

Aquest inventari de reserves dóna origen a les corbes de tonatge v/s llei (de tall i mitja) i la variació de recursos explotables es pot determinar l'anàlisi d'aquestes corbes.

€/lb	%
Preus metall	cut-off
1.25 €	0.39%
1.20 €	0.41%
1.15 €	0.44%
1.10 €	0.47%
1.05 €	0.50%
1.00 €	0.54%
0.95 €	0.59%
0.90 €	0.65%
0.85 €	0.72%
0.80 €	0.80%
0.75 €	0.91%
0.70 €	1.05%
0.65 €	1.25%
0.60 €	1.53%
0.55 €	1.98%
0.50 €	2.81%
0.45 €	4.82%



CUT-OFF O LLEI DE TALL

Per a cada un d'aquests preus es considerarà com a **bloc explotable** tot aquell material que tingui una llei igual o superior al de la llei de tall crítica corresponent, per la qual cosa un millor preu fa una major quantitat de recursos. Això té directa relació amb la **vida útil** de la mina.

Aquesta variació es tradueix en una **variació dels recursos explotables** pel projecte, pel que resulta molt important l'estimació del model econòmic per al disseny d'una explotació, per la notable **sensibilitat del recurs davant la variació del preu del producte**.

Es necessari realitzar un **inventari de reserves**, el qual ens permetrà definir el grau de sensibilitat del disseny en funció dels indicadors econòmics del model.

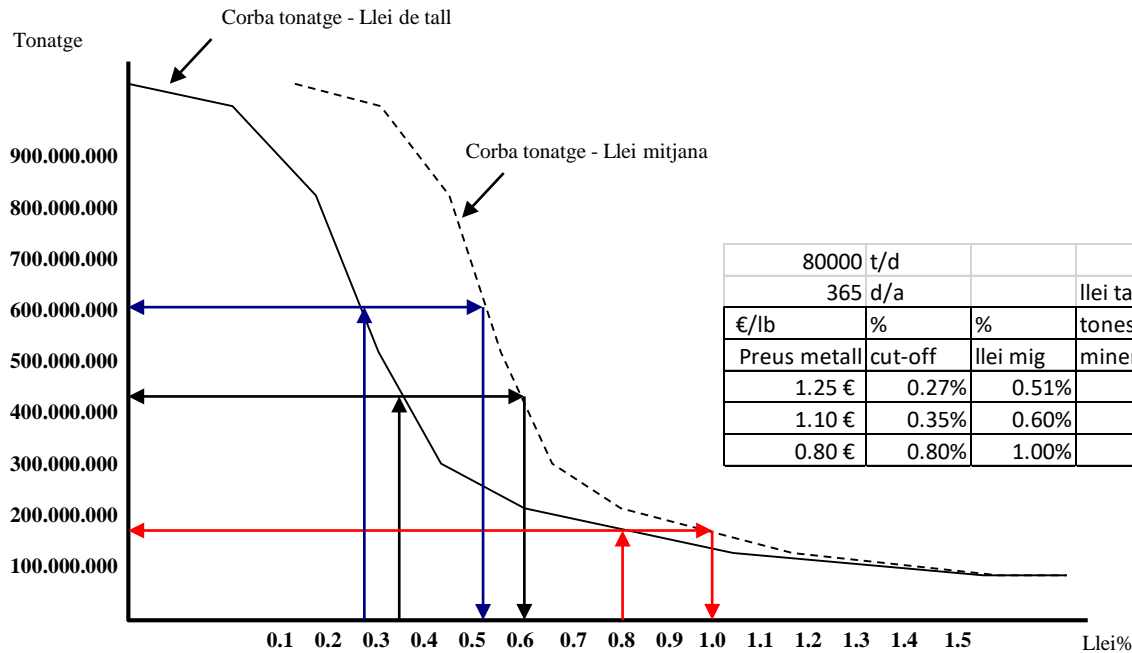
Aquest inventari de reserves dóna origen a les **corbes de tonatge v/s llei (de tall i mitja)** i la variació de recursos explotables es pot determinar l'anàlisi d'aquestes corbes.



CORBES TONATGE LLEI

Tenint les dades de les reserves del jaciment es pot obtenir **una corba de tonatge v/s la llei de tall i la llei mitja**. Això s'aconsegueix a través del inventariat dels blocs del jaciment que es troben sota una llei de tall determinada, i calculant la llei mitjana de tots els blocs del jaciment.

De la taula preu v/s llei de tall vista anteriorment, considerant una alimentació a planta de 80.000 t/d (360 dies a l'any), amb un 90% de recuperació metal·lúrgica i juntament amb la corba tonatge v/s llei obtingudes, es pot observar la variació dels recursos explotables (minables):



80000 t/d							
365 d/a				lleï tall			
€/lb	%	%	tones	Cu	Ingressos	Vida	
Preus metall	cut-off	lleï mig	mineral	lb Cu	Euros	Anys	
1.25 €	0.27%	0.51%	600,000,000.00	67,460,760.00	84,325,950.00 €	21	
1.10 €	0.35%	0.60%	430,000,000.00	56,878,680.00	62,566,548.00 €	15	
0.80 €	0.80%	1.00%	180,000,000.00	39,682,800.00	31,746,240.00 €	6	



LLEI EQUIVALENT

El concepto de Ley Equivalente considera el producto principal y los subproductos de tal forma que mediante un mecanismo de cálculo, se llevan las leyes de los subproductos al equivalente del producto principal.

A continuación, se muestra el mecanismo de cálculo aplicado, para determinar la Ley Equivalente (Leq).

$$\text{Leq} = \text{Lp} + (\text{FC1} \times \text{L1}) + (\text{FC2} \times \text{L2}) + \dots + (\text{FCn} \times \text{Ln})$$

Donde;

- **Lp:** Ley del producto principal.
- **Ln:** Ley del subproducto n.
- **FCn:** Factor de conversión del subproducto n.

Donde;

$$\text{FCn (adimensional)} = (\text{Pn} \times \text{Rn}) / (\text{P} \times \text{R})$$

- **P:** Precio del producto principal.
- **R:** Recuperación del producto principal.
- **Pn:** Precio del subproducto n.
- **Rn:** Recuperación del subproducto n.



LLEI EQUIVALENT

Calculo de Ley Equivalente (Au elemento principal)

PRECIOS MERCADO

P-Au	1253 dolares/onza troy
P-Cu	2.054 dólares/libra
P-Ag	16.54 dolares/onza troy

Onza Troy=	31.1035 gramos
Libra =	453.592 gramos

EJEMPLO

Las leyes tienen que ponerse en función de una misma unidad

Au =	4.56 gr/ton =	4.56 gr/ton
Cu =	450 ppm =	450 gr/ton
Ag =	72 ppm =	72 gr/ton

RECUPERACION METALURGICA

R-Au	91 %
R-Cu	62 %
R-Ag	84 %

Ley_equiv Au = 5.472 gr/ton

PRECIOS en GRAMOS

P-Au	40.284855 dolares/gramo
P-Cu	0.0045283 dólares/gramo
P-Ag	0.531773 dolares/gramo

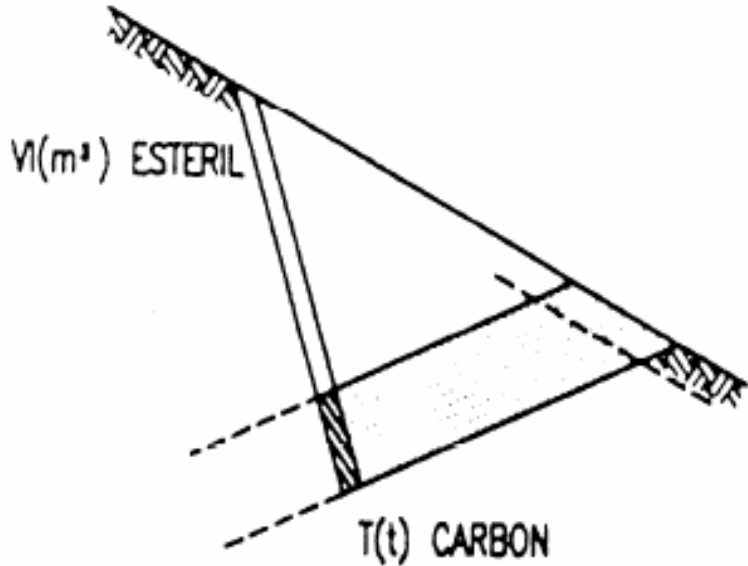
Factores	FC-Cu=	0.00007658
	FC-Ag=	0.0121849101

$$\text{LeqAu(gr)} = L_p + (\text{FC1} \times L_1) + (\text{FC2} \times L_2) + \dots + (\text{FCn} \times L_n)$$



RATI ESTÈRIL-MINERAL - STRIPPING RATIO

$$RL = \frac{V_I(m^3)}{T(t)}$$



$$RM = \frac{V_T(m^3)}{T_T(t)}$$

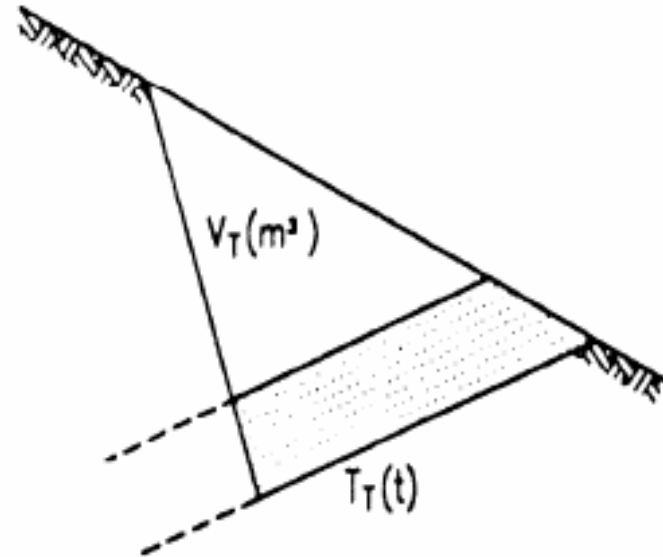


Figura 8.3. Representación gràfica del ratio limite Figura 8.4. Representación del ratio medio.

RATI ESTÈRIL-MINERAL - STRIPPING RATIO

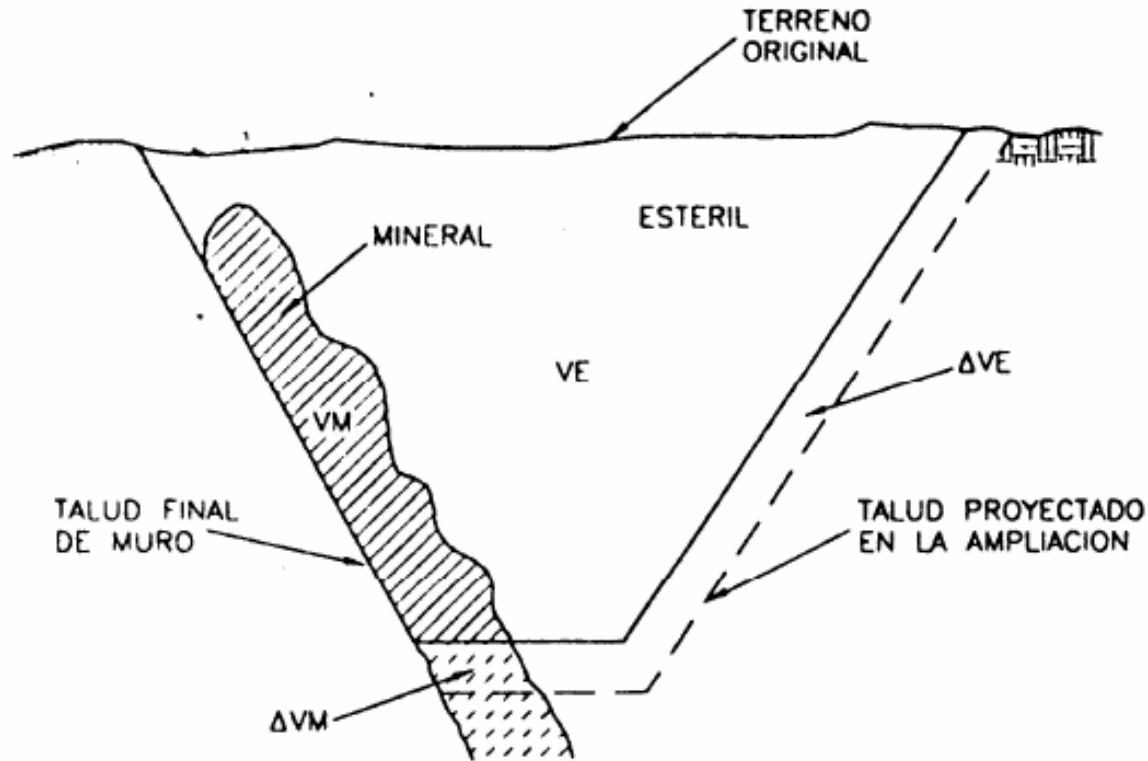


Figura 8.7. Sección representativa de una explotación con los volúmenes de estéril extraídos.

RATI LÍMIT ECONÒMIC (RLE)

Volum màxim d'estèril que suporta una tona de mineral en la seva extracció i tractament sense produir benefici.

$$RLE \left[\frac{m^3}{t} \right] = \frac{\text{valor del mineral} \left[\frac{\text{€}}{t} \right] - \text{cost extracció mineral} \left[\frac{\text{€}}{t} \right]}{\text{cost extracció estèril} \left[\frac{\text{€}}{m^3} \right]}$$



RATI MIG ECONÒMIC (RME)

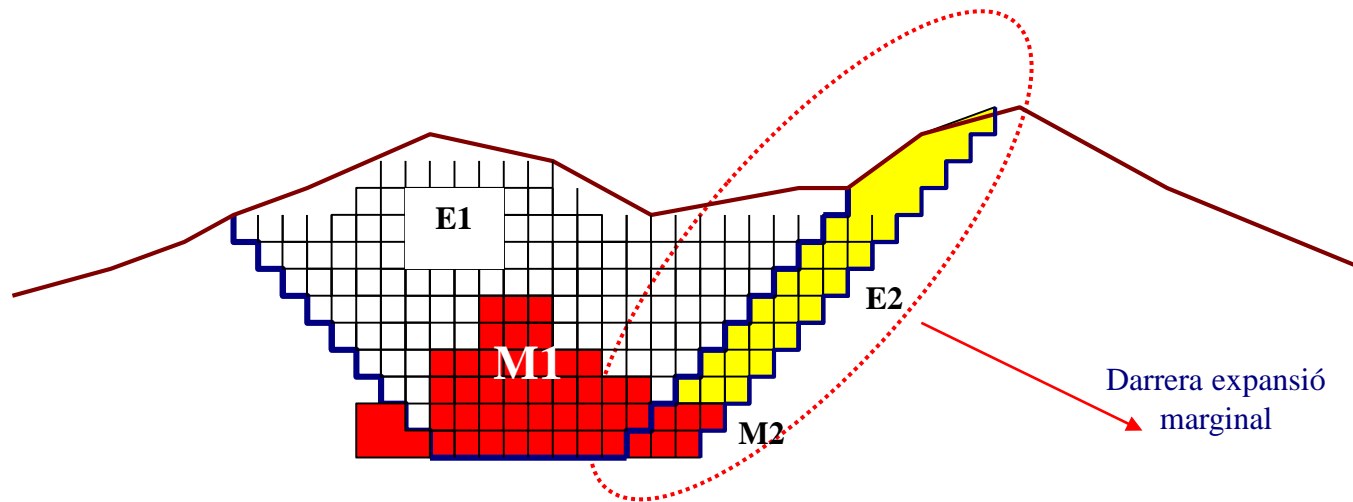
Relació mitja de volum d'estèril a tona de mineral produïda per un conjunt d'operacions, per obtenir un determinat benefici mig per tona.

$$RME \left[\frac{m^3}{t} \right] = \frac{\text{valor del mineral} \left[\frac{\text{€}}{t} \right] - \text{benefici} \left[\frac{\text{€}}{t} \right] - \text{cost extracció mineral} \left[\frac{\text{€}}{t} \right]}{\text{cost extracció estèril} \left[\frac{\text{€}}{m^3} \right]}$$



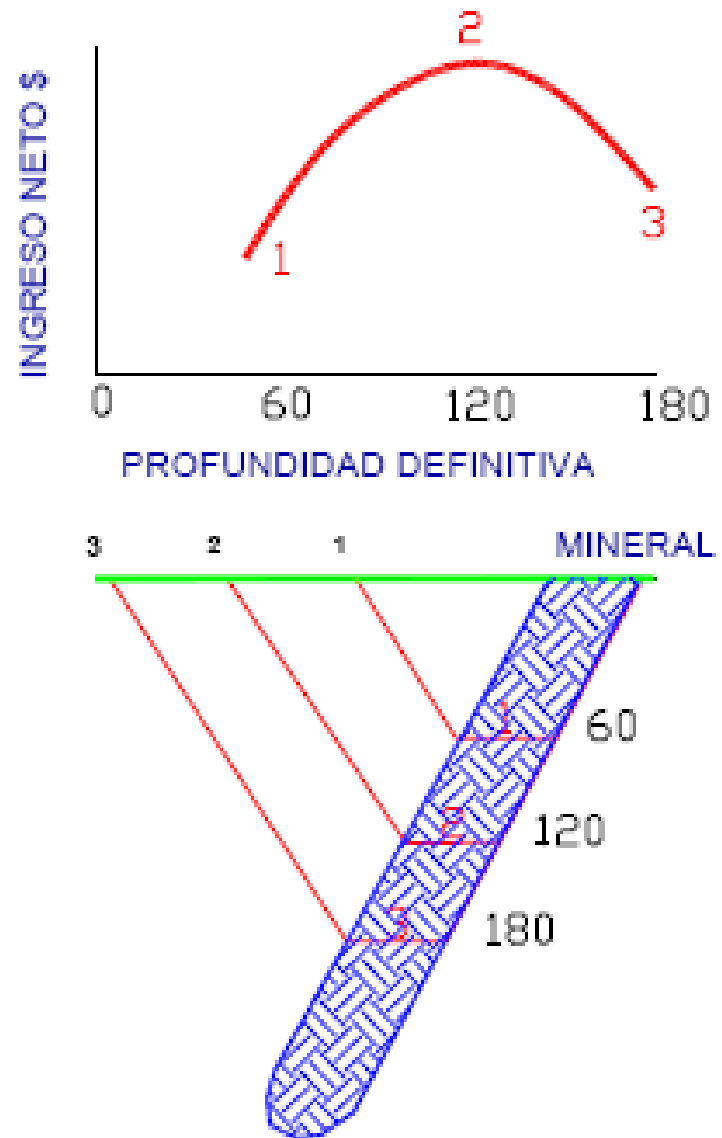
LÍMIT D'EXPLOTACIÓ

La definició dels límits econòmics d'explotació, es basarà en un model econòmic de benefici nul en extreure l'última expansió marginal. Esquemàticament el podem veure a la següent figura:



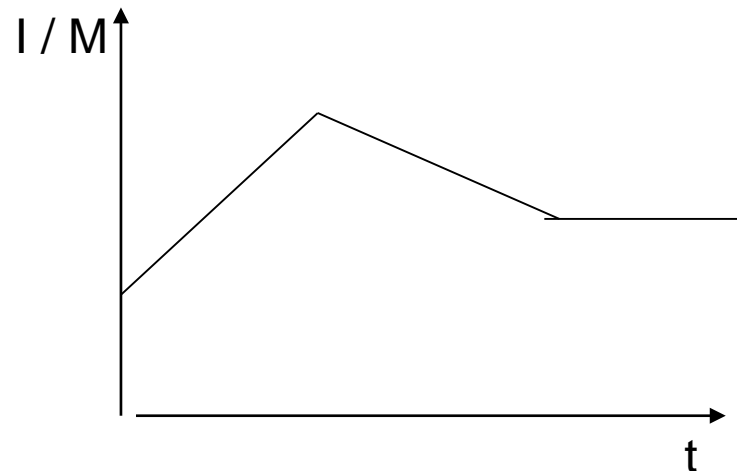
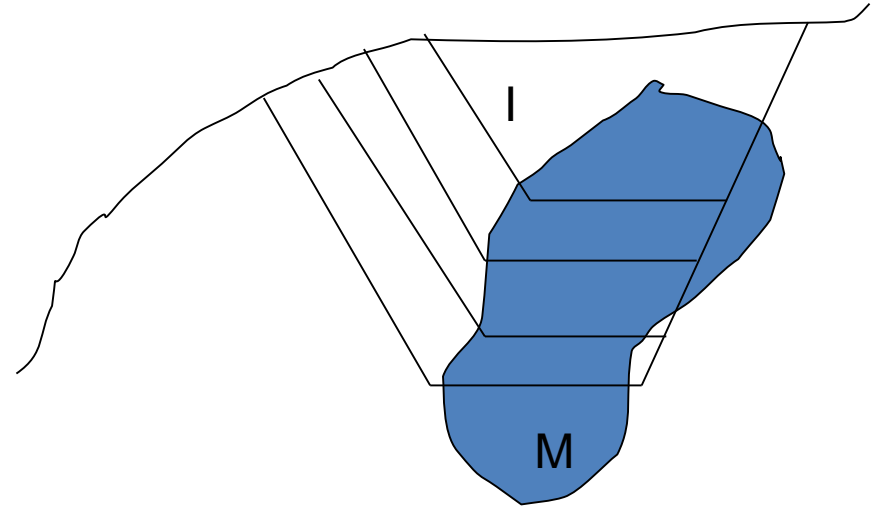
LÍMIT D'EXPLOTACIÓ

- Estratègies:
 - Taxa de retorn, per lleis altes.
 - Recuperació, extracció de materials no econòmics subsidiats per altres.
 - Maximitzar benefici, àmpliament utilitzeu.
- **DOMINA EL CRITERI ECONÒMIC**



LÍMIT D'EXPLOTACIÓ

- Cal fer mineria desenvolupant economia en el temps.

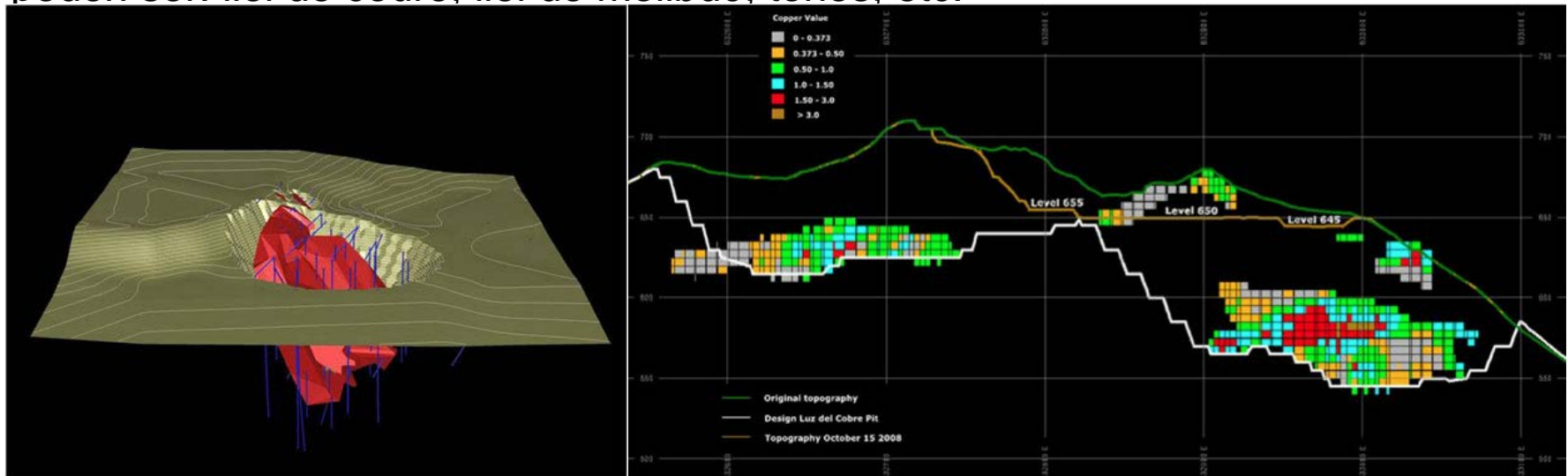


MODEL DE BLOCS

Representa una de les eines més importants a l'hora d'abordar el problema de la planificació minera.

Consisteix bàsicament en modelar de forma discreta el jaciment com una quadrícula tridimensional de blocs homogenis de dimensions fixes.

Cada un d'aquests blocs imaginari agafa dades del mineral al seu interior de manera de determinar les característiques de cada bloc. Aquestes característiques poden ser: llei de coure, llei de molibdè, tones, etc.



(size of blocks 5 x 5 x 5 metres)

<http://www.redtigermining.com/s/Copper.asp?ReportID=604877>

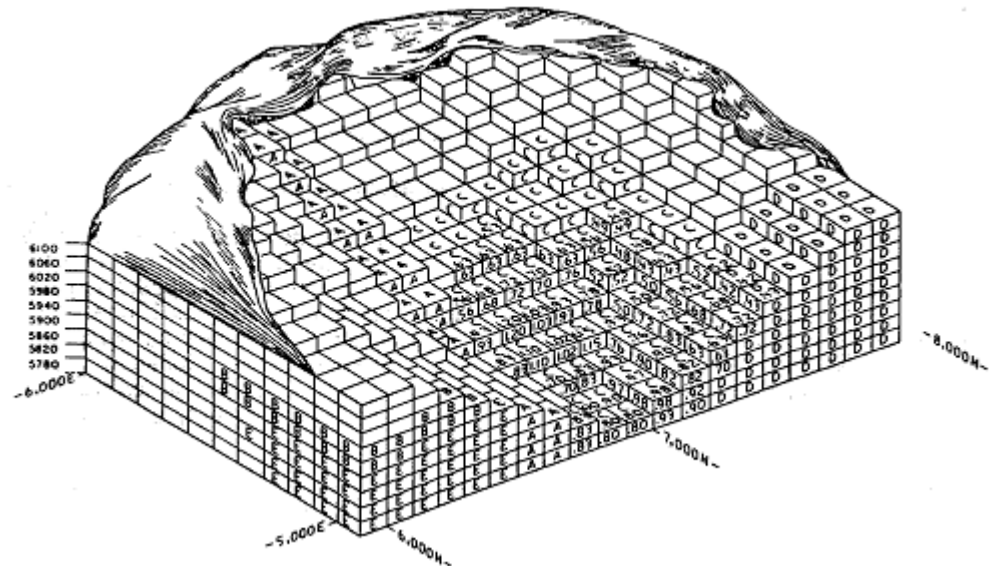


MODEL DE BLOCS

Mida del bloc:

Una opció és la regla de David 1977: No inferior a $\frac{1}{4}$ de la mida mitja de perforació. Ex: perforacions de 200 peus blocs de mínim 50 peus, de 800 peus blocs de mínim 200 peus.

Una altre opció fer encaixar el bloc com a màxim a la mida del talús de treball de la mina.



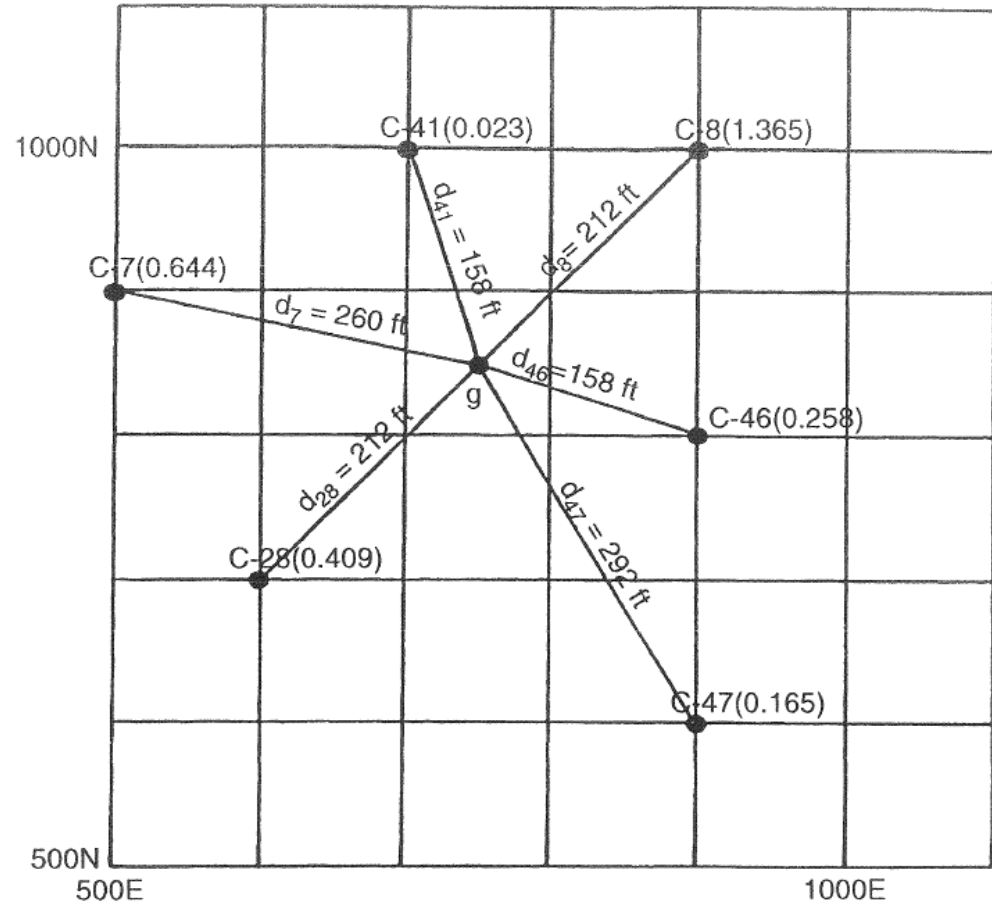
MODEL DE BLOCS

Una manera d'establir la llei mitja del bloc si cap sondeig el travessa és la **tècnica de la distància inversa**.

El mètode de la **distància inversa** es basa en el següent: Assignar major pes a les mostres properes i menor pes a les mostres allunyades.

Aquesta tècnica s'ha convertit en una de les més populars gràcies a l'aparició de les computadores i relativa senzillesa. En principi s'adopta la hipòtesi que una dada aïllat respon a una funció inversa de la distància. L'objectiu del mètode és assignar un valor a un punt o bloc mitjançant la combinació lineal dels valors de les mostres properes.

$$g = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{g_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i}}$$



$$g = \frac{\frac{0.644}{260} + \frac{0.023}{158} + \frac{1.365}{212} + \frac{0.258}{158} + \frac{0.165}{292} + \frac{0.409}{212}}{\frac{1}{260} + \frac{1}{158} + \frac{1}{212} + \frac{1}{158} + \frac{1}{292} + \frac{1}{212}}$$

$$g = 0.450\%$$

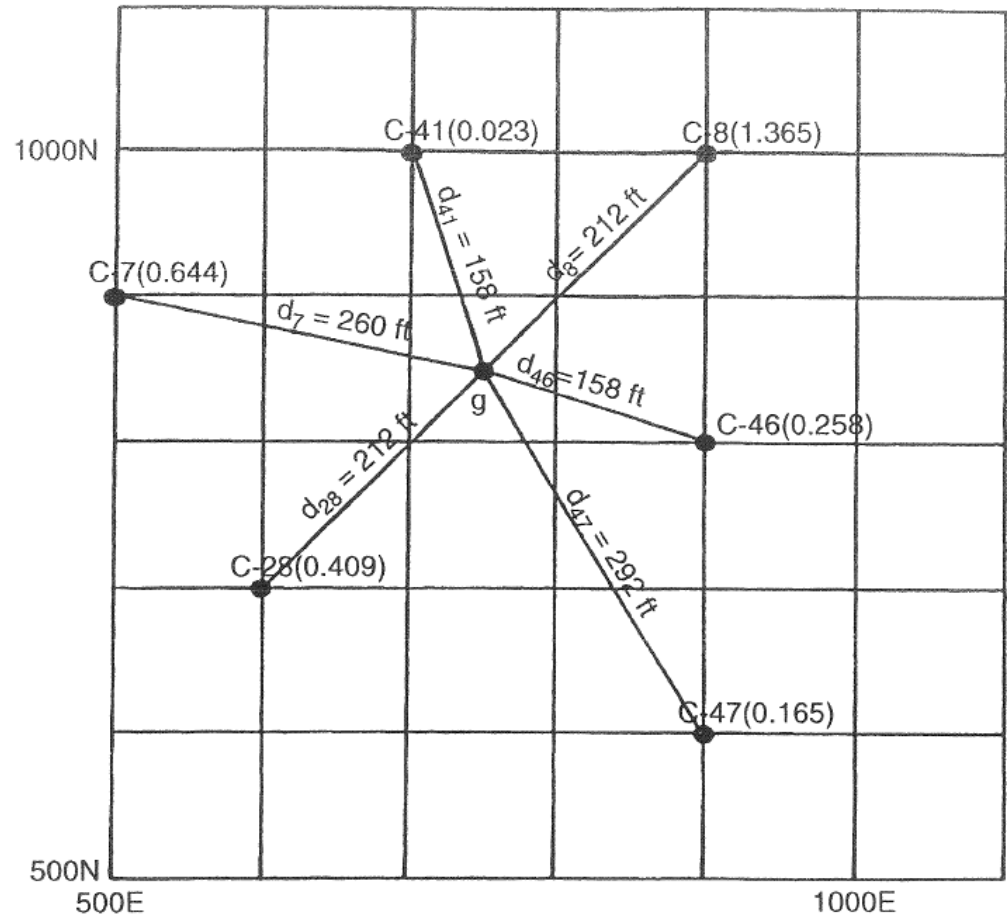


Figure 3.57. Application of the inverse distance technique.

MODEL DE BLOCS

Una altre opció és al **distància inversa quadrada (IDS)**.

$$g = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{g_i}{d_i^2}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^2}}$$



$$g = \frac{\frac{0.644}{(260)^2} + \frac{0.023}{(158)^2} + \frac{1.365}{(212)^2} + \frac{0.258}{(158)^2} + \frac{0.165}{(292)^2} + \frac{0.409}{(212)^2}}{\frac{1}{(260)^2} + \frac{1}{(158)^2} + \frac{1}{(212)^2} + \frac{1}{(158)^2} + \frac{1}{(292)^2} + \frac{1}{(212)^2}} = 0.412\%$$

Comentaris de les dues opcions:

- Simple, fàcil de calcular.
- S'adapta millor a estimacions locals que globals.
- No funciona bé amb agrupacions de dades.
- Atribueix massa pes a les mostres properes al centre de gravetat.
- No té en compte la forma ni la grandària.



VALORITZACIÓ DEL BLOC

- Ingressos:
 - Tonatges
 - Lleis
 - Recuperacions
 - Preu del producte
- Costos:
 - Costos de mineria
 - Costos de processament
 - Costos de metal·lúrgia
 - Costos generals



Valorització d'un bloc

- El valor ha de ser calculat assumint que el bloc està descobert.
- El valor ha de ser calculat suposant que serà explotat.
- El cost en la mina, planta o venda ha de ser comptabilitzat en la valorització d'un bloc.



Costos d'extracció/mina

- Perforació
- Voladura
- Càrrega
- Transport
- Manteniment de pistes
- Abocadors
- Bombament d'aigües
- Costos general de la mina
- Amortització i depreciació



Costos de processat

- Moviment de abassegaments
- Molta
- Flotació
- Espessidors
- Filtració
- Assecadors
- Costos generals de la planta de processament
- Amortització i depreciació



Costos de fosa i refinament

- Transport del concentrat
- Costos generals de fosa i refinaria
- Amortització i depreciació
- Pèrdues de la fosa i refinaria
- Transport del producte
- Crèdits i càrrecs de la fosa



VALORACIÓ DE BLOCS

Seria el valor del bloc, també conegut com a marginal del bloc.

Al bloc d'estèril se li aplica únicament el cost de mina.

El cost de mina aleshores seria el cost de moure un bloc d'estèril, tota la resta dels costos involucrats en l'extracció s'han d'assignar al cost de planta.

$$\text{Valorització} = \text{Marginal bloc } (\$/t) = ((P - C_{fr}) * R * L_m) - (C_m + C_p)$$

$$\text{Marginal bloc } (\$/t) = (R * F * L_m) - (C_m + C_p)$$

C_m , cost mina $\$/t$

C_p , cost planta $\$/t$

C_{fr} , cost de refinament i fosa $\$/t$

R , recuperació del procés miner i metal·lúrgic

L_m , llei mitjana

P , preu venda

FR , factor d'utilitat $\$/t/\%Cu$, correspon al valor del metall del bloc per tona i % de coure (inclou el preu de venda, la recuperació i el cost de refinament).



VALORACIÓ DE BLOCS

% Cu

0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	1	0.3
	0.15	0.15	4	0.15	0.15	
		7	1	0.1		

Utilitat = Ingrés - Costos
És el marginal per bloc

Cm+Cp 8 (\$/t)
RF 11 (\$/t/%Cu)

Marginal bloc (\$/t) = (RF*%Cu) – (Cm + Cp)

-5	-5	-5	-5	-5	3	-5
	-6	-6	36	-6	-6	
		69	3	-7		

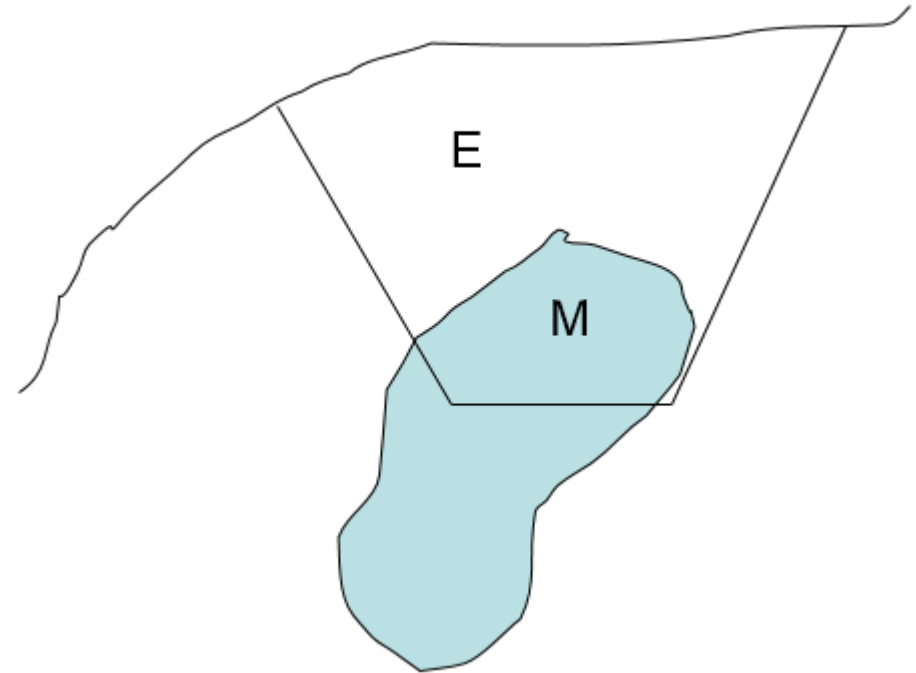


Relació estèril mineral

- La relació estèril (E)/mineral (M) ha de ser incorporada a la valoració d'un determinat con d'extracció.
- Depenent dels paràmetres econòmics aquesta relació permetrà més o menys estèril.
- Equilibri:

Ingressos= Costos

E i M són les tones d'estèril i mineral per un determinat con.



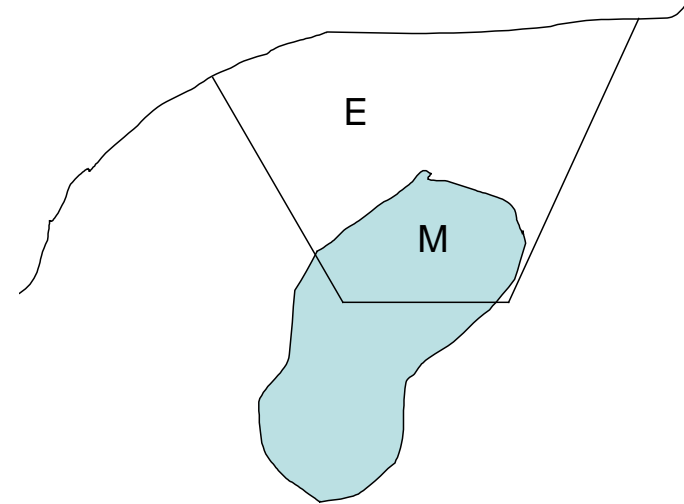
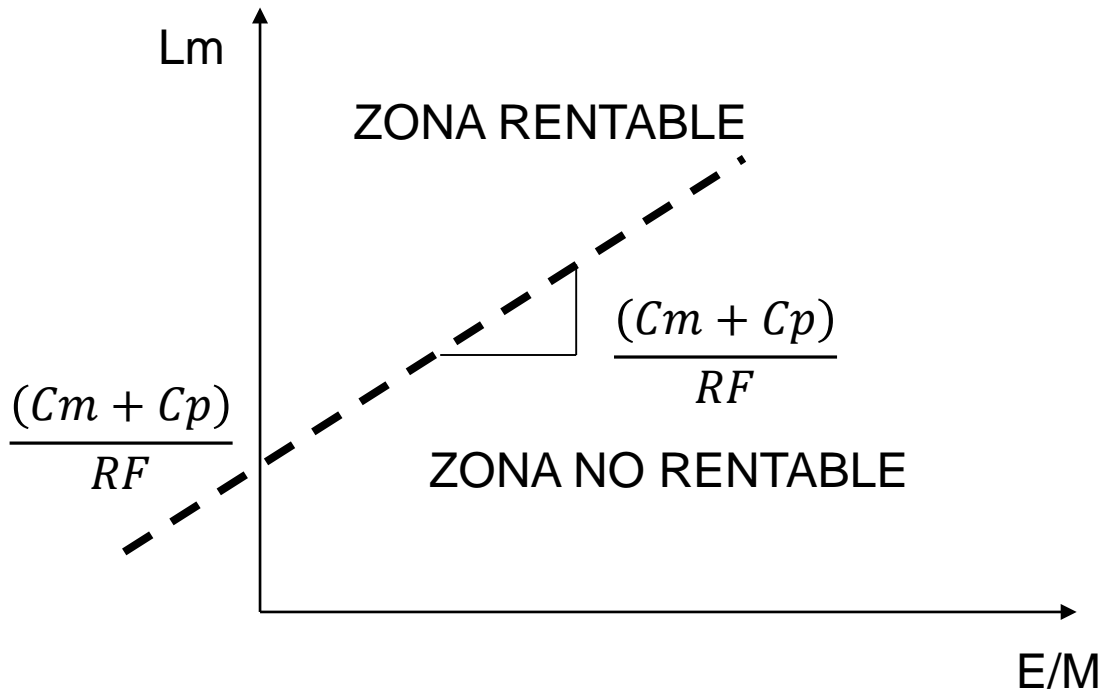
$$RF \cdot L_m \cdot M = (E + M) \cdot (C_m + C_p)$$

$$RF \cdot L_m \cdot M = \left(\frac{E + M}{M} \cdot M \right) \cdot (C_m + C_p)$$

$$RF \cdot L_m \cdot M = \left(\frac{E}{M} + 1 \right) \cdot M \cdot (C_m + C_p)$$

$$L_m = \frac{\left(1 + \frac{E}{M} \right) \cdot (C_m + C_p)}{RF}$$

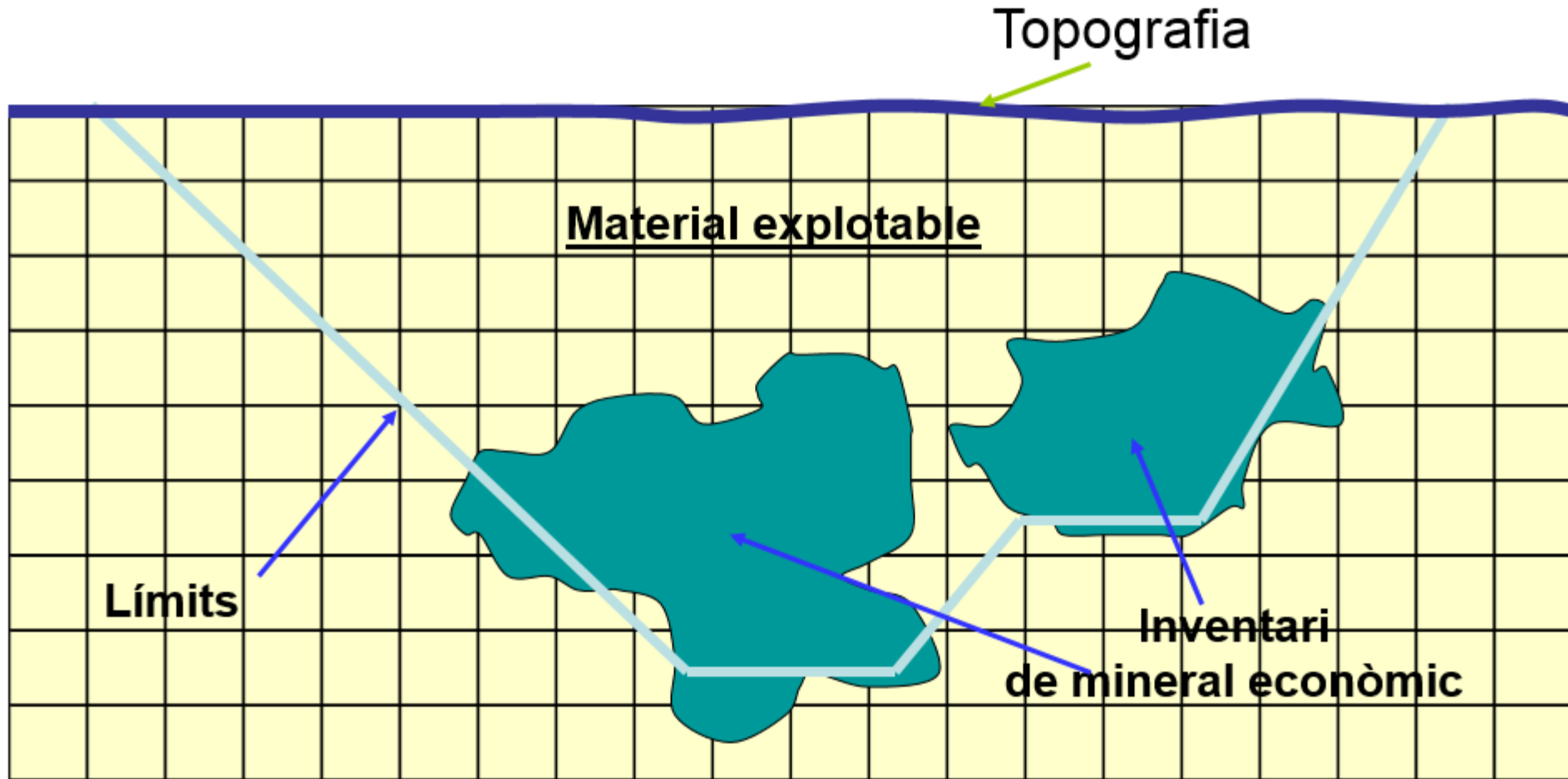
Equilibri marginal



$$Lm = \frac{\left(1 + \frac{E}{M}\right) \cdot (Cm + Cp)}{RF} = \frac{(Cm + Cp)}{RF} \cdot \frac{E}{M} + \frac{(Cm + Cp)}{RF}$$



Mètodes de càlcul del límit



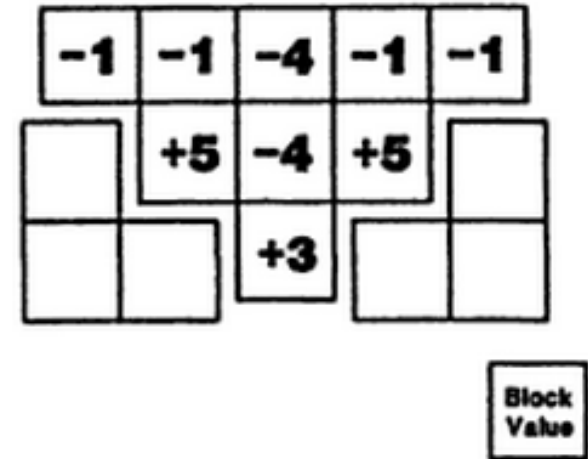
Tècnica del con flotant – mètode iteratiu

Condicions:

- Extreure un bloc de mineral requereix extreure els blocs que es troben immediatament sobre ell.
- S'aplica un con, movent d'esquerra a dreta en cada nivell (esgraonat).
- Cada bloc ha de tenir un valor econòmic.
- Generalment és tendeixen a optimitzar el VAN del projecte.
- Si el valor és positiu es treuen els blocs.

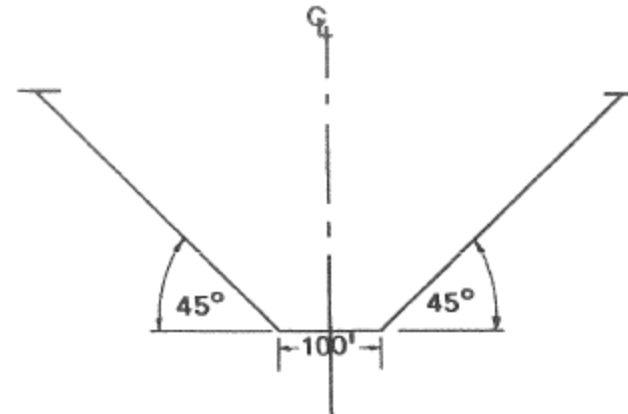
Característiques del con flotant:

- Angle a 45°.
- Fons mínim 100 peus (30,48 m).



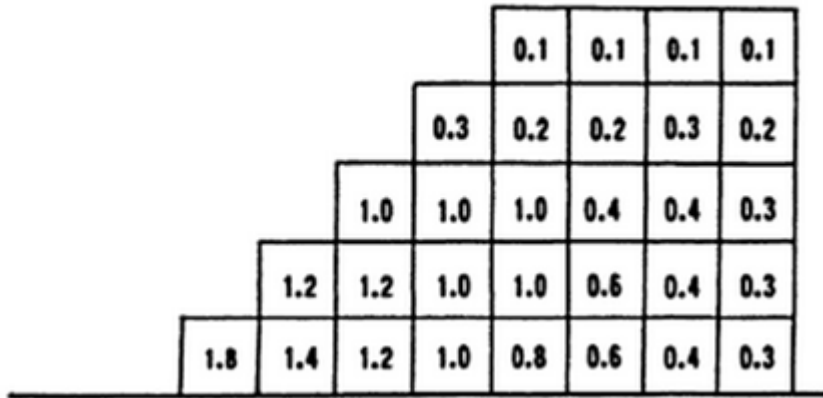
$$-1 + -1 + -4 + -1 + -1 + +5 + -4 + 5 + 3 = +1$$

$$Rati = SR = \frac{Blocs (-)}{Blocs (+)} = \frac{6}{3} = 2$$



Tècnica del con flotant – mètode iteratiu

Section X



Exemple d'un cas de límit d'explotació.
Perfil que delimita el límit d'explotació.
Blocs amb llei mitja de bloc.

Tres possibles casos de retrocés:

Cas 1:

$$Llei\ mitja = \frac{1,8 + 1,2 + 1 + 0,3 + 0,1}{5} = 1,33$$

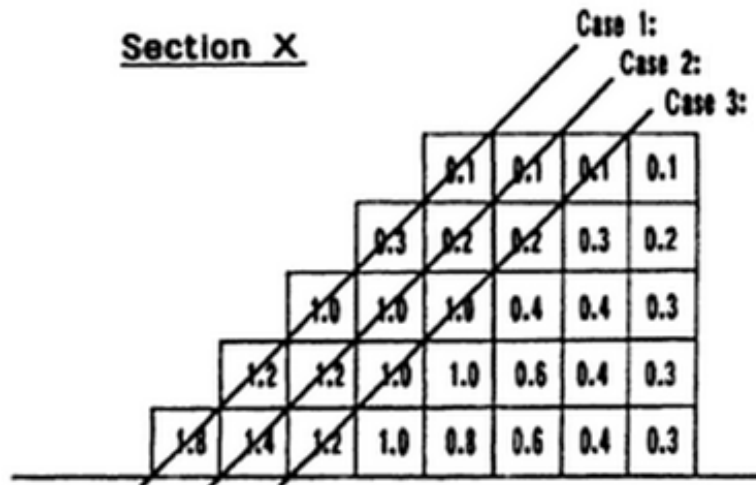
Cas 2:

$$Llei\ mitja = \frac{1,4 + 1,2 + 1 + 0,2 + 0,1}{5} = 1,2$$

Cas 3:

$$Llei\ mitja = \frac{1,2 + 1 + 1 + 0,2 + 0,1}{5} = 1,07$$

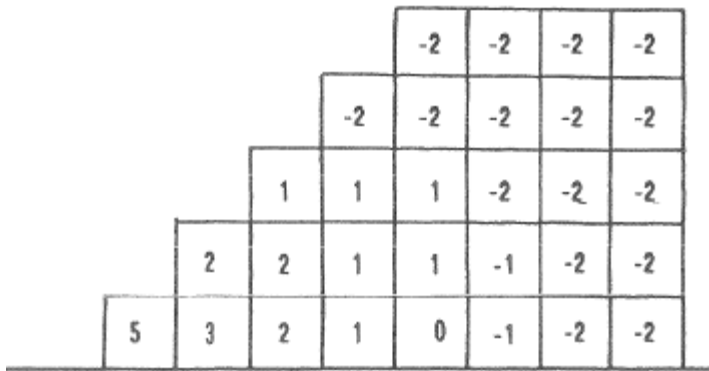
Section X



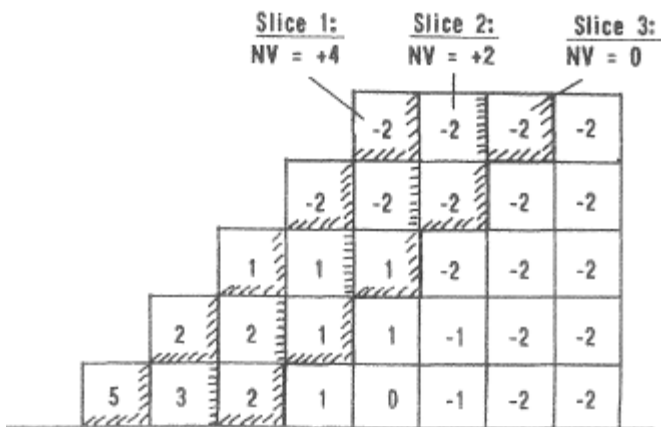
Continua a la següent pàgina.



Tècnica del con flotant – mètode iteratiu



Blocs econòmics: valor net del bloc (NV=Ingressos -despeses).



Llesca 1 (primer retrocés):

$$NV = 5 + 2 + 1 - 2 - 2 = +4$$

Llesca 2 (2n retrocés):

$$NV = 3 + 2 + 1 - 2 - 2 = +2$$

Llesca 3 (3r retrocés):

$$NV = 2 + 1 + 1 - 2 - 2 = 0$$



Tècnica del con flotant – mètode iteratiu

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

Block Value

Exercici 1:

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

Block Value

3r pas:
Continuar aplicant el mateix criteri fins al fons de la formació.
 $NV = -1 - 1 - 2 - 2 + 7 = +1$

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

Block Value

1r pas:
Triar con flotant al primer nivell de blocs, si són positius trieu aquests.
 $NV = 1$

						-1
			-2	-2		
		+1	-3			

Block Value

No és rentable minar:
 $NV = +1 - 2 = -1$

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

Block Value

2n pas:
Passar al segon nivell.
Triar un bloc positiu que el con corresponen surti positiu o zero. En cas de sortir negatiu tria un altre bloc positiu del segon nivell. Continuar triant els bloc positius del nivell de esquerra a dreta.
 $NV = -1 - 1 - 1 + 4 = +1$

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

Block Value

4t pas:
La rendibilitat és la suma del blocs minats.
 $NV = -1 - 1 - 1 - 1 - 1 + 1 - 2 - 2 + 4 + 7 = +3$

5è pas:
Podem establir el rati SR.
 $SR = 7/3$



Tècnica del con flotant – mètode iteratiu

	1	2	3	4	5	6	7
1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
2		-2	-2	-2	-2	-2	
3			+10	-3	+10		

Block Value

-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
	-2	-2	-2	-2	-2		
		+10	-3	+10			

Block Value

Exercici 2:

-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
	-2	-2	-2	-2	-2	
		+10	-3	+10		

Block Value

Opció 1:

Minar aquest con:

NV=-1-1-1-1-1-1-2-2-2+10=-1
CON NO RENTABLE

-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
	-2	-2	-2	-2	-2	
		+10		+10		

Block Value

Opció 2:

Minar aquest con:

NV=-1-1-1-1-1-2-2-2+10=-1
CON NO RENTABLE

Opció 3:

Minar aquest con:
NV=-1-1-1-1-1-2-2-2-2-2+10+10=+3
CON RENTABLE



Tècnica del con flotant – mètode iteratiu

Exercici 3:

	1	2	3	4	5
1	-1	-1	-1	-1	-1
2		+5	-2	-2	
3			+5		

Block Value

Opció 1:

Minar aquest con:

$$NV = -1 - 1 - 1 - 1 - 1 + 5 - 2 - 2 + 5 = +1$$

CON RENTABLE

	-1	-1	-1	-1	-1
		+5	-2	-2	
			+5		

Block Value

Opció 2:

Minar aquest con:

$$NV = -1 - 1 - 1 + 5 = +2$$

CON MÉS RENTABLE

	-1	-1	-1	-1	-1
		+5	-2	-2	
			+5		

Block Value



Tècnica del con flotant – mètode iteratiu

	1	2	3	4	5
1	-1	-1	-4	-1	-1
2		+5	-4	+5	
3			+3		

Block Value

Exercici 4:

-1	-1	-4	-1	-1
	+5	-4	+5	
		+3		

Block Value

Opció 1:

Minar aquest con:
 $NV = -1 - 1 - 4 + 5 = -1$
 CON NO RENTABLE

-1	-1	-4	-1	-1
	+5	-4	+5	
		+3		

Block Value

Opció 2:

Minar aquest con:
 $NV = -4 - 1 - 1 + 5 = -1$
 CON NO RENTABLE

Cap dels cons del primer nivell amb blocs positius són rentables.

-1	-1	-4	-1	-1
	+5	-4	+5	
		+3		

Block Value

Opció 3:

Minar al tercer nivell, aquest con és:
 $NV = -1 - 1 - 4 - 1 - 1 + 5 - 4 + 5 + 3 = +1$
 CON RENTABLE

-1	-1	-4	-1	-1
	+5		+5	
		-4		
		+3		

Block Value

Opció 4:

Minar aquest con:
 $NV = -1 - 1 - 4 - 1 - 1 + 5 + 5 = +2$
CON MÉS RENTABLE

Opció de no minar el tercer nivell i ajuntar les opcions 1 i 2.



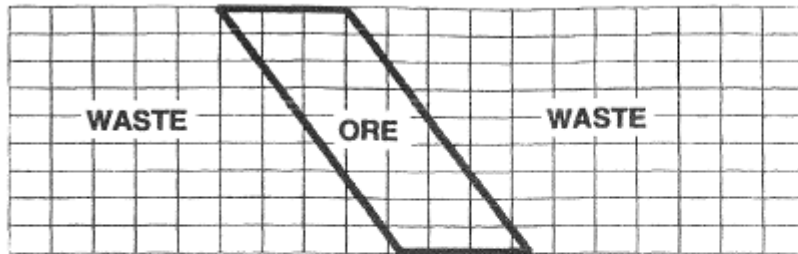
Tècnica de Lerch i Grossmann

Basat en el treball:

Lerchs, H., and Grossmann, I.F. 1965. Optimum design of open pit mines. *CIM Bull.* 58(1).

Dos casos:

- Per dues dimensions (aplicat a una secció).
- Per tres dimensions.



Exercici 2D:
Figura amb la geometria.

Figure 5.57. Orebody geometry for the Lerchs-Grossmann 2-D example (Sainsbury, 1970; Lerchs & Grossmann, 1965).



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional

Tècnica de Lerch i Grossmann

-4	-4	-4	-4	-4	12	12	12	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4
	-4	-4	-4	-4	12	12	12	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4
		-4	-4	-4	12	12	12	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4
			-4	-4	12	12	12	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4
				-4	12	12	12	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4
					12	12	12	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4
						12	12	12	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4
							12	12	12	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4
								12	12	12	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4
									12	12	12	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4
										12	12	12	-4	-4	-4	-4	-4	-4
											12	12	12	-4	-4	-4	-4	-4
												12	12	12	-4	-4	-4	-4
													12	12	12	-4	-4	-4
														12	12	12	-4	-4
															12	12	12	-4
																12	12	12

Model de blocs amb valor del bloc.

Atenció als blocs partits pel límit de la formació mineralitzada, tenen dos valors, en aquest cas fem la mitja ponderada.

Figure 5.58. Initial economic block model.

i \ j	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
①	-4	-4	-4	-4	-4	8	12	12	0	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4
②		-4	-4	-4	-4	0	12	12	8	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4
③			-4	-4	-4	-4	8	12	12	0	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4
④				-4	-4	-4	0	12	12	8	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4
⑤					-4	-4	-4	8	12	12	0	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4
⑥						-4	-4	0	12	12	8	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4
⑦							-4	-4	8	12	12	0	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4
⑧								-4	0	12	12	8	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4
⑨										-4	12	12	12	0	-4	-4	-4	-4	-4

Ex:

-4/+12

Mitja ponderada = $(0,25 \cdot -4) + (0,75 \cdot 12) = 8$

-4/+12

Mitja ponderada = $(0,25 \cdot 12) + (0,75 \cdot -4) = 0$

...

Numeració de files i columnes.

Tècnica de Lerch i Grossmann

Cas columna 6, càlcul M_{ij}

Row	Current Value	Revised Value
$i = 1$	12	12
$i = 2$	12	$24 = 12 + 12$
$i = 3$	8	$32 = 12 + 12 + 8$
$i = 4$	0	$32 = 12 + 12 + 8 + 0$
$i = 5$	-4	$28 = 12 + 12 + 8 + 0 - 4$
$i = 6$	-4	$24 = 12 + 12 + 8 + 0 - 4 - 4$
$i = 7$	-4	$20 = 12 + 12 + 8 + 0 - 4 - 4 - 4$
$i = 8$	-4	$16 = 12 + 12 + 8 + 0 - 4 - 4 - 4 - 4$

j són columnes
 i són files

M_{ij} representa l'acumulat del benefici obtingut per extreure tots els blocs per sobre de la seva columna de blocs amb el bloc ij a la base.

	Columns																		
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	-4	-4	-4	-4	-4	8	12	12	0	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4
2	-8	-8	-8	-8	-8	8	24	24	8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8
3	-12		-12	-12	-12	4	32	36	20	8	-12	-12	-12	-12	-12	-12	-12	-12	
4				-16	-16	0	32	48	32	0	-16	-16	-16	-16	-16	-16			
5					-20	-4	28	56	44	12	16	-20	-20	-20	-20				
6						-8	24	56	56	24	-8	-24	-24	-24					
7							20	52	64	36	4	24	-28						
8							16	48	64	48	16	-16	-32						
9									60	56	28	-4	32						

Insertar fila 0, amb tots els valors zero.



Tècnica de Lerch i Grossmann

Seguidament procedim a fer el càlcul a tots els bloc tal i com s'explica pel bloc 1,1:

	0	1
0	0	0
1	-4	-4
2	-8	-8
3	-12	-12

1. Utilitzem els valors acumulats dels blocs. Comencem per bloc 1,1. Mirem els blocs de la columna 0 els tres blocs que limiten amb el bloc avaluat.

Bloc 0,0 NV = 0
 Bloc 1,0 NV = -4
 Bloc 2,0 NV = -8

	0	1
0	0	
1	-4	-4
2	-8	

2. Escollim el bloc amb el valor més gran.

	0	1
0	0	
1	-4	-4
2	-8	

3. En aquest cas és NV = 0 del bloc 0,0.

	0	1
0	0	0
1	-4	-4+0
2	-8	-8

4. Sumem aquest valor al valor de bloc:

$-4+0=-4$

Aquest serà el nou valor del bloc.

Continuem aquest criteri cap avall de la columna.

Un cop completada la columna 2, passem a la 3.

Aquesta columna 3 és farà utilitzant els valors calculats amb el mateix procediment a la columna 2.

$$P_{i,j} = M_{ij} + \text{màxim} [P_{i+k,j-1}] \text{ on } k = -1,0,1$$



Tècnica de Lerch i Grossmann

Exemple d'aplicació:

	1	2	3	4	5	6	7
Gij	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	1	0,3
Llei del bloc		0,15	0,15	4	0,15	0,15	
			7	1	0,1		

	1	2	3	4	5	6	7
Vij	-5	-5	-5	-5	-5	3	-5
Marginal del bloc		-6	-6	36	-6	-6	
			69	3	-7		

	1	2	3	4	5	6	7
Mij	-5	-5	-5	-5	-5	3	-5
Marginal acumulat en vertical	-5	-11	-11	31	-11	-3	-5
	-5	-11	58	34	-18	-3	-5

	1	2	3	4	5	6	7
Pij	0	0	0	0	0	0	0
Afegir fila de zeros	0	0	0	0	0	0	0
Aplicar formula	-5	-5	-5	-5	68	71	66
	-5	-16	-16	73	65	65	66
	-5	-16	42	76	58	62	60

$$P_{i,j} = M_{ij} + \text{màxim} [P_{i+k,j-1}] \text{ on } k = -1,0,1$$



Tècnica de Lerch i Grossmann

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1		-4	-4	-4	-4	-4	-20	44	0	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4
2			-12	-12	-12	-4	32	60	8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	
3				-24	-24	-8	36	72	20	8	-12	-12	-12	-12	-12	-12	-12	-12	
4					-40	-24	24	84	32	0	-16	-16	-16	-16	-16	-16			
5						-44	4	80	44	12	-16	-20	-20	-20	-20				
6							-20	60	56	24	-8	-24	-24	-24					
7								32	64	36	4	24	-28						
8									64	48	16	-16	-32						
9										56	28	-4	32						

Aplicació del càlcul fins a la columna 7.

Les fletxes indiquen el valor més gran dels tres de la columna anterior agafat per càlcul del valor del bloc. Per tant, la tècnica proporciona un total acumulat del valor màxim dels fons definits seguint les fletxes. El fons òptim és el que té el valor màxim acumulat (84).

Mètode:

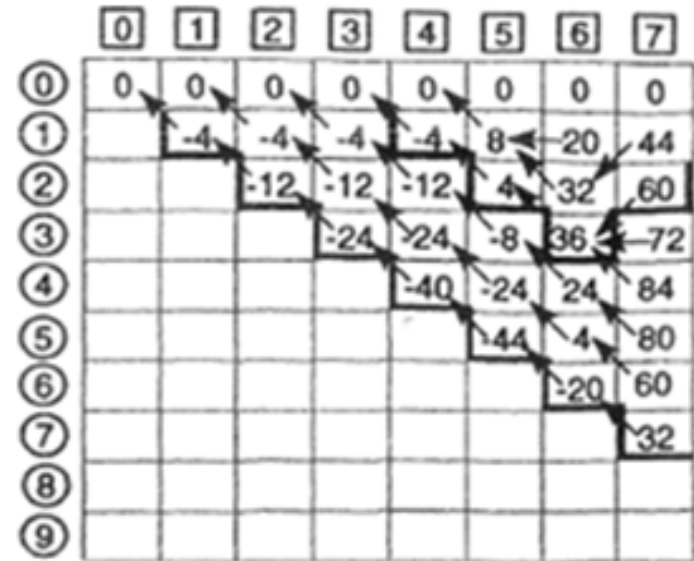
1. **Mirar de dreta a esquerra al llarg de la 1a fila fins trobar el valor més gran (en aquest cas és el valor 44).**
2. **Seguir les fletxes (o valors més grans) per donar-li el contorn al perfil òptim en la secció.**



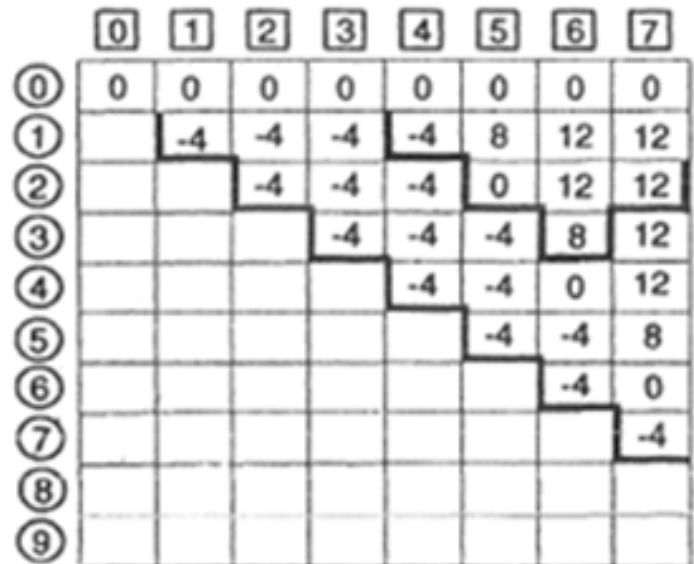
Tècnica de Lerch i Grossmann

Dues de les possibilitats fins a la columna 7:

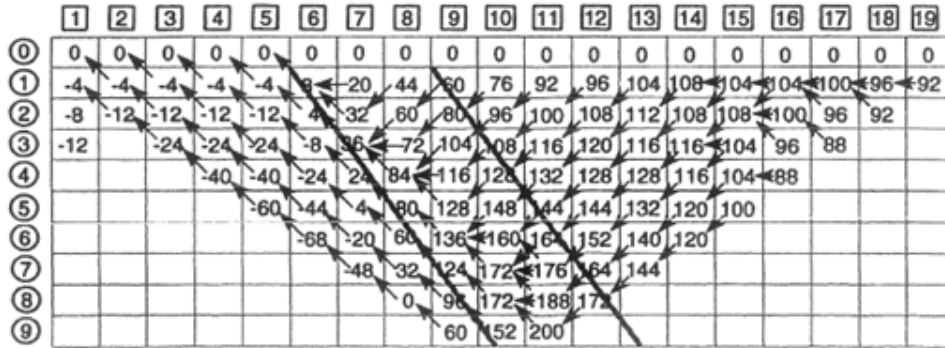
- Començant de dreta a esquerra al valor de 60 = genera un perfil.
- Començant de dreta a esquerra a 32 = general un altre perfil.



Amb aquest dos pits, posem el valor dels blocs i analitzem.



Tècnica de Lerch i Grossmann



Càlcul fins al final. Les fletxes indiquen el valor més gran agafat.

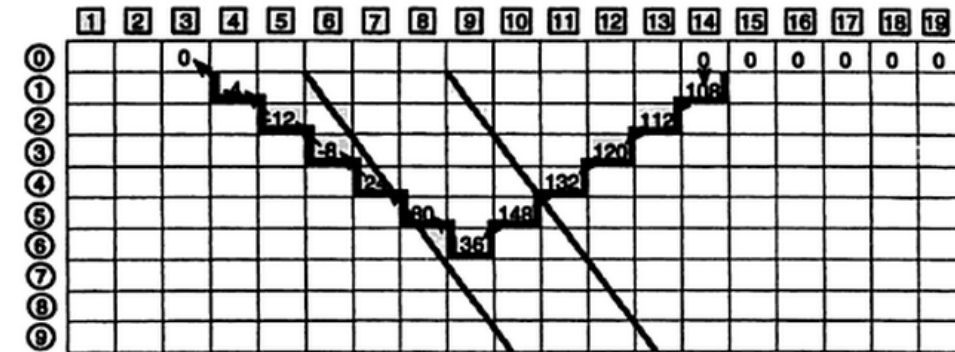


Figure 5.67. Optimum pit determination.

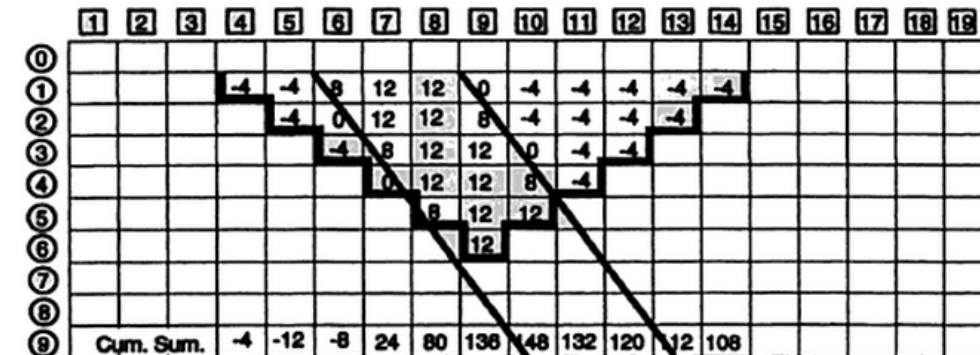


Figure 5.68. Optimum pit limits superimposed on the block model.

METODOLOGIA:

1. Busquem el valor més gran de la fila 1 = 108.
2. Seguim les fletxes o valors més grans.
3. DEFINEIXEN EL FONTS.

Valors dels blocs per aquest fons.

Aquest final resulta:

Valor net = 108 M€ = 108.000 €

Si 10.000 t/bloc

Total blocs = 36

$$\text{Total tones} = 36 \text{ blocs} \cdot 10.000 \frac{t}{\text{bloc}} = 360.000 t$$

Blocs mineral = 20

Blocs estèril = 16

$$\text{Total mineral} = 20 \text{ blocs} \cdot 10.000 \frac{t}{\text{bloc}} = 200.000 t$$

$$\text{Total estèril} = 16 \text{ blocs} \cdot 10.000 \frac{t}{\text{bloc}} = 160.000 t$$

$$SR = \frac{16}{20} = 0,8$$

$$\frac{\text{Rendibilitat mig}}{\text{tona}} = \frac{108.000 \text{ €}}{360.000 t} = 0,30 \frac{\text{€}}{t}$$

Tècnica de Lerch i Grossmann

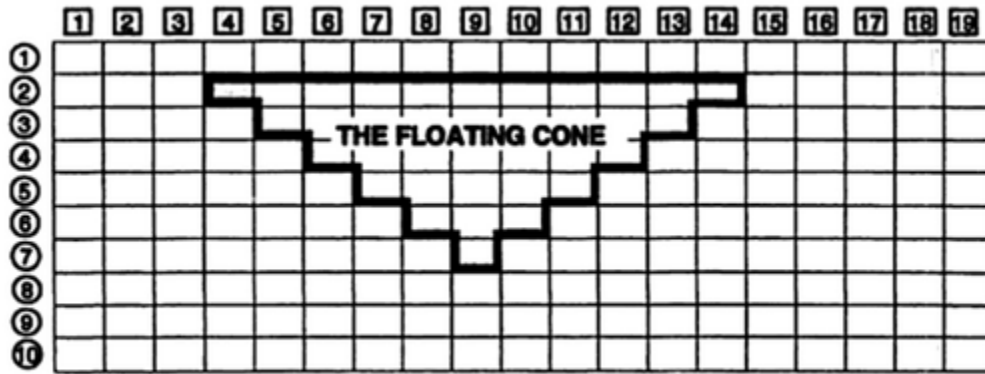


Figure 5.69. The floating cone used to evaluate the final pit limits.

Anem a avaluar aquest con flotant que explota fins a un nivell més que el resultat de la metodologia anterior.



Figure 5.70. Situation after floating down two rows.

Situació després de minar dos files.



Figure 5.71. Situation after floating down three rows.

I tres files.

Tècnica de Lerch i Grossmann

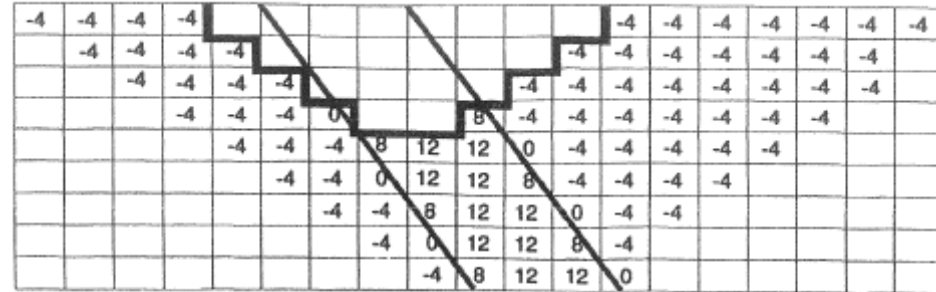


Figure 5.72. Situation after floating down four rows.

Seguim minant, 4, 5, 6 files fins al final del con flotant establert a la fila 7.

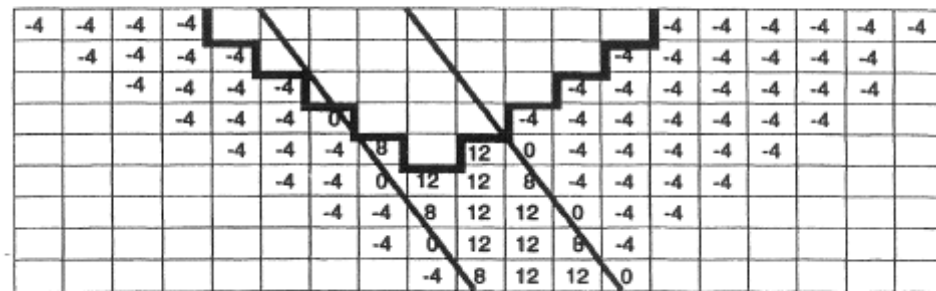


Figure 5.73. Situation after floating down five rows.

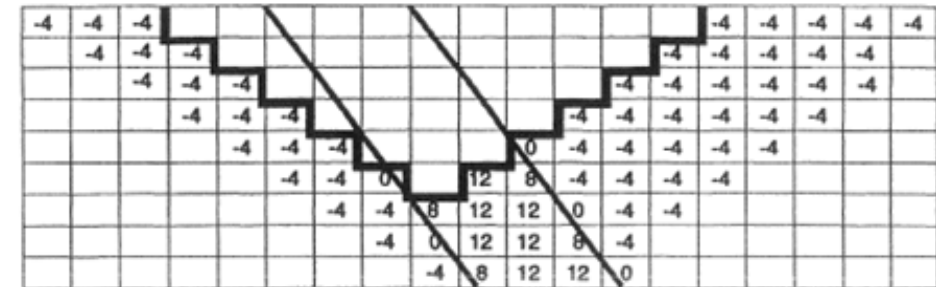


Figure 5.74. Situation after floating down six rows.



Tècnica de Lerch i Grossmann

PIT (LHS)								PIT (RHS)											
-4	-4	-4	-4	-4	8	12	12	0	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4
	-4	-4	-4	-4	0	12	12	8	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	
		-4	-4	-4	-4	8	12	12	0	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	
			-4	-4	-4	0	12	12	8	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	
				-4	-4	-4	8	12	12	0	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	
					-4	-4	0	12	12	8	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	
						-4	-4	8	12	12	0	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	
							-4	0	12	12	8	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	
								-4	8	12	12	0	-4	-4	-4	-4	-4	-4	

Podem els valors del blocs i dividim el con flotat en costat dret i esquerra.
 Analitzem el costat esquerra:

Últim retrocés que defineix el límit a l'esquerra és: $-4-4-4+0+8+12/2 = +2$

Si féssim un altre retrocés: $-4-4-4-4-4+0+8/2 = -16$ NO RENTABLE

Generació d'un òptim

- Importació del model de blocs.
- Generació d'estructura d'arcs per establir relacions espacials entre els blocs.
- Imposició d'un angle de talús depenent dels dominis geotècnics
- Valoració dels blocs per a una determinada estructura econòmica.
- Optimització utilitzant L&G.



Exercici:

Un jaciment presenta les següents dades després de la modelització en blocs.

	Cu = 2%	Au=0.05% Ag= 0.2% Cu = 1.8%	Cu = 3.2%	Cu = 2.2%	
	Cu = 4.6%	Au=0.08% Ag= 0.4% Cu = 6.2%	Cu = 8.1%	Cu = 5.5%	
	Cu = 3.5%	Au=0.25% Ag= 0.6% Cu = 8.3%	Cu = 4.6%		
			Au=0.02% Ag= 2.3% Cu = 5.2%		

Determina:

1. Marginal del bloc.
2. Límit de l'open pit mine.



Exercici:

Dades:

Massa bloc:	10000	t
Cost explotació:	2	\$/t roca
Cost processament:	6	\$/t processada
Cost fundició Au:	12	\$/g Au fos
Cost refinament Au:	13	\$/g Au refinat
Preu or:	38.1	\$/g Ag
Recuperació Au:	97%	
Cost fundició Ag:	0.18	\$/g Ag fos
Cost refinament Ag:	0.21	\$/g Ag refinat
Preu plata:	0.54	\$/g Ag
Recuperació Ag:	95.5%	
Cost fundició Cu:	600	\$/t Cu fos
Cost refinament Cu:	250	\$/t Cu refinat
Preu coure:	2500	\$/t Cu
Recuperació Cu:	90%	



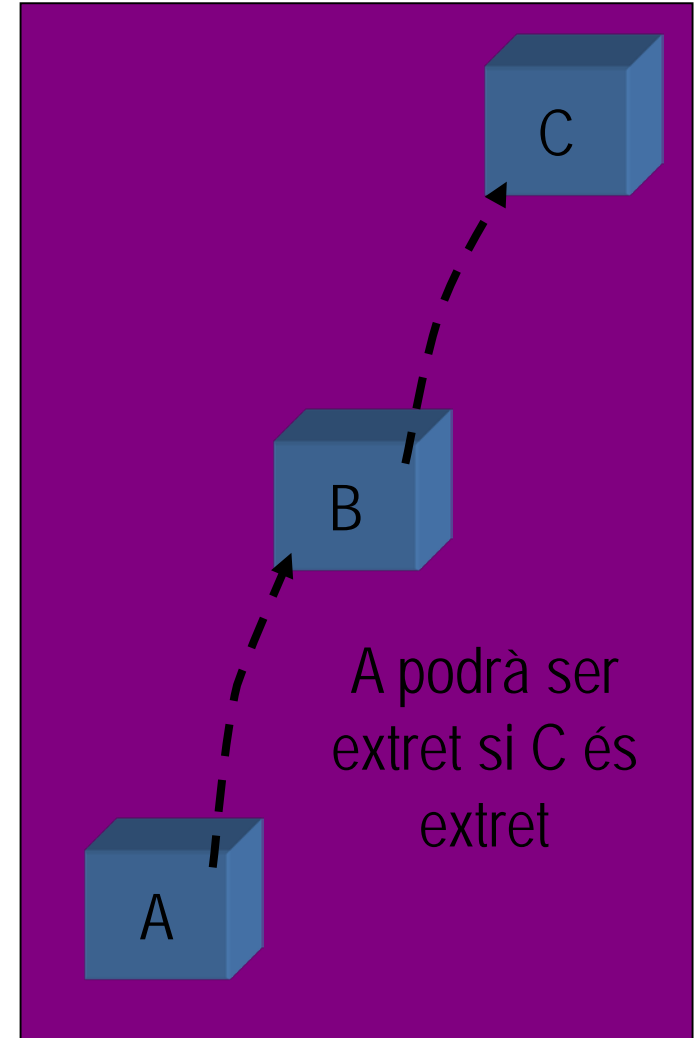
Exercici:

Marginal bloc		\$										
-\$20,000.00	-\$20,000.00	-\$20,000.00	\$217,000.00	\$66,587,300.00	\$395,200.00	\$246,700.00	-\$20,000.00	-\$20,000.00	-\$20,000.00	-\$20,000.00	-\$20,000.00	-\$20,000.00
-\$20,000.00	-\$20,000.00	-\$20,000.00	\$603,100.00	\$108,226,700.00	\$1,122,850.00	\$736,750.00	-\$20,000.00	-\$20,000.00	-\$20,000.00	-\$20,000.00	-\$20,000.00	-\$20,000.00
-\$20,000.00	-\$20,000.00	-\$20,000.00	\$439,750.00	\$327,422,550.00	\$603,100.00	-\$20,000.00	-\$20,000.00	-\$20,000.00	-\$20,000.00	-\$20,000.00	-\$20,000.00	-\$20,000.00
-\$20,000.00	-\$20,000.00	-\$20,000.00	-\$20,000.00	-\$20,000.00	\$59,053,700.00	-\$20,000.00	-\$20,000.00	-\$20,000.00	-\$20,000.00	-\$20,000.00	-\$20,000.00	-\$20,000.00
Càlcul del fons de l'open pit mine amb LGA - Lerchs-Grossman algorithm:												
-\$20,000.00	-\$20,000.00	-\$20,000.00	\$217,000.00	\$66,587,300.00	\$395,200.00	\$246,700.00	-\$20,000.00	-\$20,000.00	-\$20,000.00	-\$20,000.00	-\$20,000.00	-\$20,000.00
-\$40,000.00	-\$40,000.00	-\$40,000.00	\$820,100.00	\$174,814,000.00	\$1,518,050.00	\$983,450.00	-\$40,000.00	-\$40,000.00	-\$40,000.00	-\$40,000.00	-\$40,000.00	-\$40,000.00
-\$60,000.00	-\$60,000.00	-\$60,000.00	\$1,259,850.00	\$502,236,550.00	\$2,121,150.00	\$963,450.00	-\$60,000.00	-\$60,000.00	-\$60,000.00	-\$60,000.00	-\$60,000.00	-\$60,000.00
-\$80,000.00	-\$80,000.00	-\$80,000.00	\$1,239,850.00	\$502,216,550.00	\$61,174,850.00	\$943,450.00	-\$80,000.00	-\$80,000.00	-\$80,000.00	-\$80,000.00	-\$80,000.00	-\$80,000.00
-\$20,000.00	-\$40,000.00	-\$60,000.00	\$157,000.00	\$67,347,400.00	\$176,389,050.00	\$505,181,150.00	\$506,501,000.00	\$565,494,700.00	\$565,474,700.00	\$565,454,700.00	\$565,434,700.00	\$565,434,700.00
-\$40,000.00	-\$60,000.00	-\$80,000.00	\$760,100.00	\$175,993,850.00	\$504,934,450.00	\$506,521,000.00	\$565,514,700.00	\$565,474,700.00	\$565,454,700.00	\$565,434,700.00	\$565,414,700.00	\$565,414,700.00
-\$60,000.00	-\$100,000.00	-\$120,000.00	\$1,179,850.00	\$503,416,400.00	\$505,537,550.00	\$565,554,700.00	\$565,494,700.00	\$565,454,700.00	\$565,414,700.00	\$565,394,700.00	\$565,374,700.00	\$565,374,700.00
-\$80,000.00	-\$140,000.00	-\$180,000.00	\$1,119,850.00	\$503,396,400.00	\$564,591,250.00	\$565,534,700.00	\$565,474,700.00	\$565,414,700.00	\$565,374,700.00	\$565,334,700.00	\$565,314,700.00	\$565,314,700.00



Què és un arc?

- Un arc és una relació entre dos blocs.
- Un arc des del bloc A al bloc B indica que si A és extret llavors B també ha de ser extret. En cas contrari aquesta relació perd sentit, si B és explotat A podria o no ser-ho.
- S'utilitza com a control de talussos

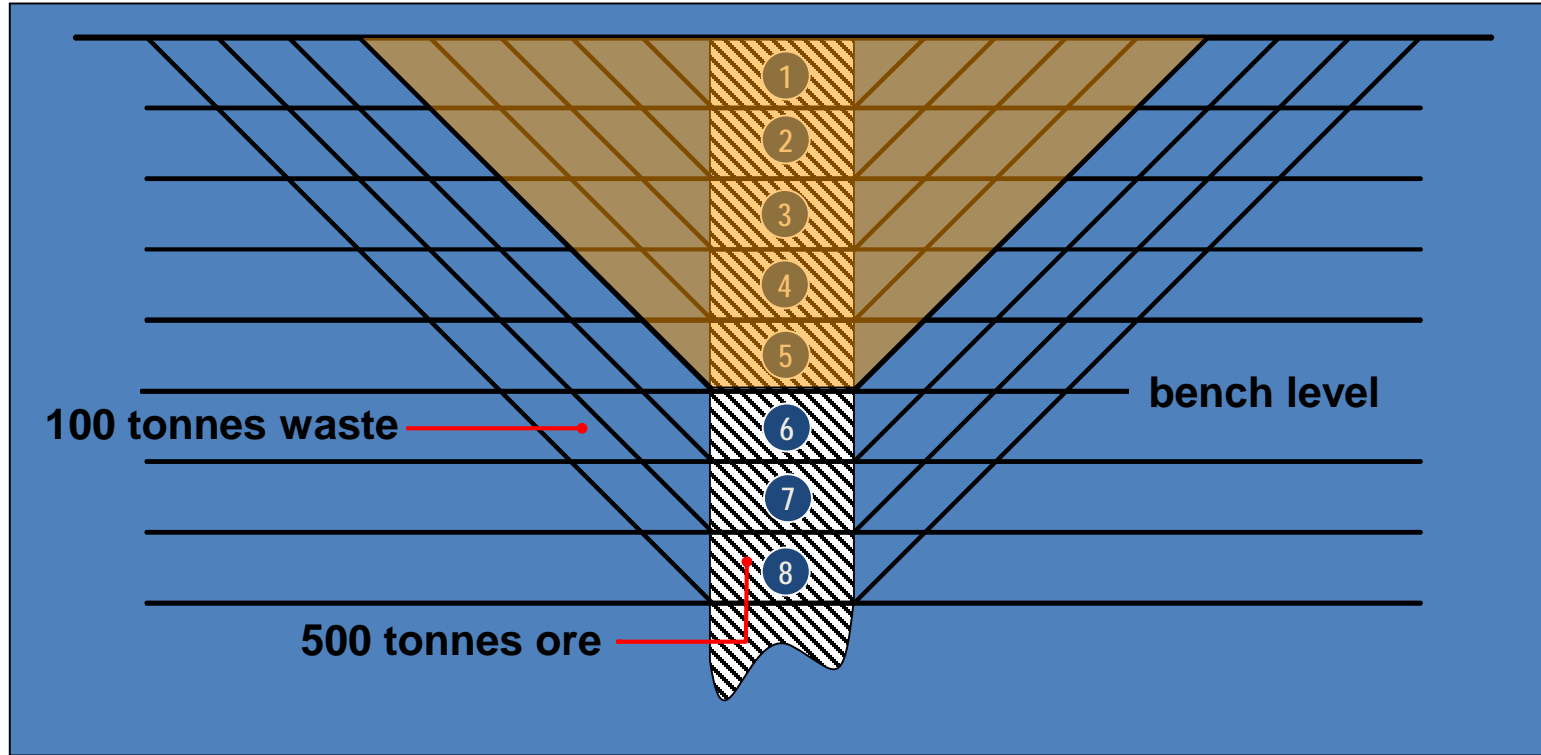


Parametrització en Whittle

- Produeix una sèrie de cortes concèntriques per a un model donat.
- Cada corta és teòricament una opció d'explotació



Exemple 2D



Corta	1	2	3	4	5	6	7	8
Ore	500	1,000	1,500	2,000	2,500	3,000	3,500	4,000
Waste	100	400	900	1,600	2,500	3,600	4,900	6,400
Total	600	1,400	2,400	3,600	5,000	6,600	8,400	10,400
Value	900 \$	\$ 1,600	\$ 2,100	\$ 2,400	\$ 2,500	\$ 2,400	\$ 2,100	\$ 1,600

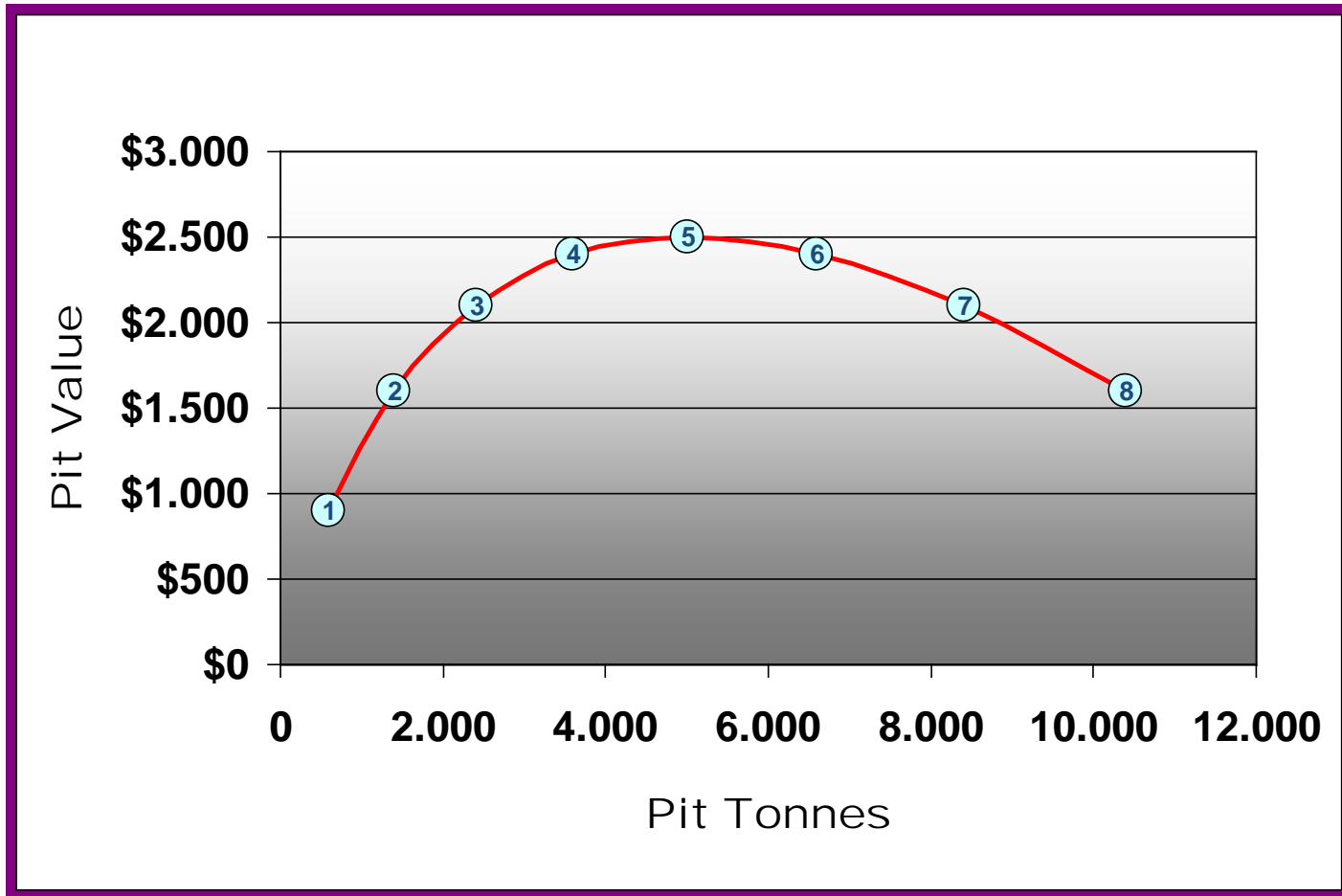


Anàlisi en Whittle

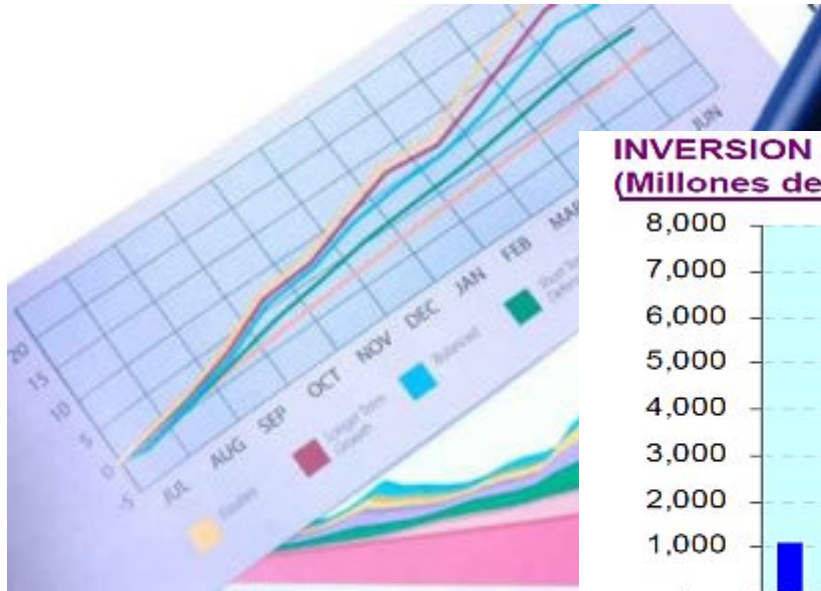
- Per a una capacitat de producció donada es calcula el temps a extreure cada corta concèntrica.
- Es valora cada corta d'acord amb un model econòmic.
- Amb aquestes dades es calcula el VAN de cada corta.



Gràfic



MINERAL ECONOMICS

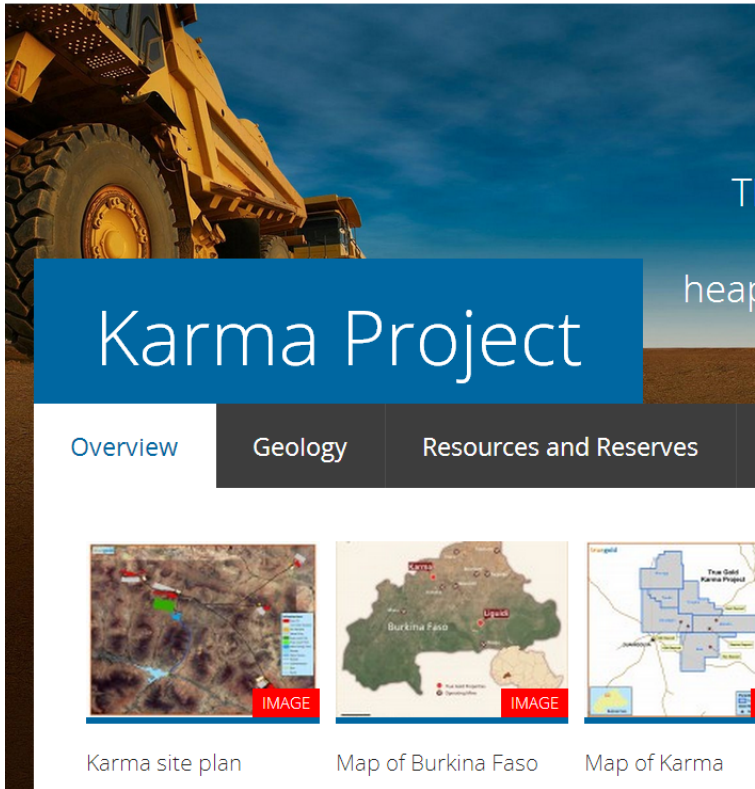


INVERSION MINERA
(Millones de dólares)



* Ene-May 2012








The Karma Project offers a compelling production profile and strong potential for growth. The Feasibility Study, completed in December 2013, supports a technically simple, open-pit heap leach operation that offers low capital and operating costs, rapid payback and strong financial performance at US\$1,250/oz gold.

Karma Project

Overview **Geology** Resources and Reserves

Karma site plan Map of Burkina Faso Map of Karma

The Karma Project offers a compelling production profile and strong potential for growth. The Feasibility Study, completed in December 2013, supports a technically simple, open-pit heap leach operation that offers low capital and operating costs, rapid payback and strong financial performance at US\$1,250/oz gold.

Highlights from the Feasibility Study include:

- **Gold price:** Base case economic evaluation: US\$1,250/oz Au
- **Probable Mineral Reserves:** 33.2 Mt @ 0.89 g/t containing 949,000 oz Au
- **Production:** 97,000 oz Au/year (average) over an 8.5-year mine life
- **Initial CAPEX:** US\$131.5 million (includes working capital and contingency)
- **NPV @ 5% (after tax):** US\$178.2 million
- **IRR (after tax):** 43.1%
- **Payback (after tax):** 1.4 years
- **Resilience:** 21.3% IRR at US\$1,000/oz Au

(The economic highlights represent True Gold's effective 90% interest in the Karma Project, after allowing for Burkina Faso's 10% carried interest and all government and contractual royalties. Karma's 100% after-tax project value at a US\$1,250/oz gold price is US\$200.7 million NPV (5%) and an IRR of 46.0%)

<http://www.truegoldmining.com/our-projects/karma-project>

Nechalacho Rare Earth Elements Project

As at December 5, 2016

TSX: AVL & OTCQX: AVLNF

The **Nechalacho Rare Earth Elements (“REE”) Project**, Thor Lake, NWT, Canada, is the most advanced large heavy rare earth development project in the world outside China, and is also host to substantial zirconium, beryllium, tantalum and niobium resources. With a completed Feasibility Study and approved environmental assessment, the Nechalacho REE Project is uniquely positioned to bring a new supply of critical raw materials to the marketplace.

Financial Analysis

(As per Feasibility Study, April 2013)

The 2013 Financial Analysis covered mining, mineral concentration, hydrometallurgical processing, refining and all related infrastructure. Results of the discounted cash flow analysis produced for the Feasibility Study yielded a pre-tax IRR of 22.5% and an NPV at a 10% discount rate of C\$1.35 billion, with a payback period of 4.3 years and a C\$1.575 billion capital cost.



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional

Project Summary

(As per Feasibility Study, April 2013)

Products: Separated rare earth oxides with by-products of tantalum, niobium and zirconium (all as oxides)

Development Stage: Feasibility Study and Report of Environmental Assessment approved

Estimated Mine Life: 20 years based on the 14.6 million tonnes of proven and probable mineral reserves defined for the Feasibility Study. The 65.83 million tonnes of measured and indicated mineral resources in the deposit would potentially support production for many more years.

Estimated Capital Cost: C\$1.575 billion (including sustaining capital) for construction of 2,000 tonnes per day underground mine, concentrator, hydrometallurgical processing plant, and a rare earth refinery with a 10,000 tonnes per annum capacity of separated rare earth oxides.

Average Operating Cost: C\$362/tonne mined

Report to:



AMENDED TECHNICAL REPORT ON THE MACTURN PROPERTY

EFFECTIVE DATE: APRIL 3, 2009

Prepared by: Honorio Narciso, P.Eng., Wardrop Engineering Inc.
Iouri Iakovlev, P.Eng., Wardrop Engineering Inc.
Marinus André de Ruijter, P.Eng., Wardrop Engineering Inc.
Guy Impey, P.Eng., Wardrop Engineering Inc.
Scott Cowie, MAusIMM, Wardrop Engineering Inc.
Adrian Tanase, P.Eng., Wardrop Engineering Inc.
Andy Nichols, P.Eng., MAN Mining Inc.
Jay Collins, P.Eng., Merit Consultants International Inc.
Nigel Goodall, Goodall Business Resource Management Ltd.
Peter Lacroix, P.Eng., Scott Wilson Roscoe Postle Associates Inc.
Richard Trimble, P.Eng., EBA Engineering Consultants Ltd.

WARDROP

Suite 800, 555 West Hastings Street, Vancouver, British Columbia V6B 1M1
Phone: 604-408-3788 Fax: 604-408-3722 E-mail: vancouver@wardrop.com

1053390100-REP-R0001-00



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional

1.1.2 MINERAL RESOURCE ESTIMATE

The kriged estimate contains an indicated mineral resource of 33.0 Mt grading 0.88% WO₃, or 290 kilotonnes (kt) of contained WO₃. An additional resource of 11.9 Mt grading 0.78% WO₃, or 92 kt WO₃, has been estimated for the inferred category. These estimates, which are based on assays capped at unique levels for each zone, are reported at a block cut-off of 0.5% WO₃, which Scott Wilson RPA considers appropriate for the location and cost profile that can be expected for Mactung.

Table 1.1 Indicated and Inferred Mineral Resource Estimate

Classification	kt	WO ₃ (%)	WO ₃ (kt)	mtu's (millions)
Indicated	33,029	0.88	290	29.0
Inferred	11,857	0.78	92	9.2

Notes:

- CIM definitions were followed for mineral resources.
- Mineral resources are estimated at a block cut-off grade of 0.5% WO₃.
- An mtu is 10 kg WO₃.
- Differences in totals due to round-off.
- There are no measured mineral resources in the estimates.

1.1.3 MINERAL RESERVE ESTIMATE

Wardrop calculated the mining cut-off grade at 0.616% WO₃ based on the cost estimates obtained from Wardrop's economic study of the Mactung Project in October 2007. The calculation of the mineral reserves was limited in extent to the Yukon-NWT border.

Table 1.2 Mineral Reserve Estimate

Classification	Upper 2B		Lower 2B		Total	
	kt	WO ₃ (%)	kt	WO ₃ (%)	kt	WO ₃ (%)
Probable	8,588	1.1268	2,202	1.4213	10,790	1.1869

1.2 MINING

Two underground stoping methods will be used: long-hole (LH) stoping and mechanized cut-and-fill (MCF). The use of these methods is determined by the geometry, dip, thickness, and strength of rock. LH will mine 89% of the ore and the remaining 11% will be extracted by MCF. Table 1.3 shows the annual production rate, ore grade and tungsten concentrate.

Table 1.3 Production Rates and Grades

Duration	Ore Mined (tonnes)	Head Grade (% WO ₃)	Recovery (%)	Dry Tungsten Concentrate (000 mtu)
Years 1 - 5	3,650,000	1.26	81.7	3,744
Years 6 - 12	4,525,000	0.95	78.5	3,371
LOM (Total)	8,175,000	1.09	80.0	7,115

Report to:



AMENDED TECHNICAL REPORT ON THE MACTURN PROPERTY

EFFECTIVE DATE: APRIL 3, 2009

Prepared by: Honorio Narciso, P.Eng., Wardrop Engineering Inc.
Iouri Iakovlev, P.Eng., Wardrop Engineering Inc.
Marinus André de Ruijter, P.Eng., Wardrop Engineering Inc.
Guy Impey, P.Eng., Wardrop Engineering Inc.
Scott Cowie, MAusIMM, Wardrop Engineering Inc.
Adrian Tanase, P.Eng., Wardrop Engineering Inc.
Andy Nichols, P.Eng., MAN Mining Inc.
Jay Collins, P.Eng., Merit Consultants International Inc.
Nigel Goodall, Goodall Business Resource Management Ltd.
Peter Lacroix, P.Eng., Scott Wilson Roscoe Postle Associates Inc.
Richard Trimble, P.Eng., EBA Engineering Consultants Ltd.

WARDROP

Suite 800, 555 West Hastings Street, Vancouver, British Columbia V6B 1M1
Phone: 604-408-3788 Fax: 604-408-3722 E-mail: vancouver@wardrop.com

1053390100-REP-R0001-00



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional

1.9 CAPITAL COST ESTIMATE

The capital cost for the project is estimated to be CDN\$402.1 million in Q3 2008 dollars as shown in Table 1.4. Costs in this report have been converted using a fixed currency exchange rate of CDN\$1.00:US\$0.88. The expected accuracy range of the capital cost estimate is $\pm 15\%$.

Table 1.4 Project Capital Costs (Q3 2008 \$)

Description	Cost (Million \$)
Direct Costs	
Overall Site	32
Mining	40
Processing	91
Tailings	23
Site Services and Utilities	15
Ancillary Buildings and Equipment	35
Temporary Services	16
Off-site Infrastructure and Facilities	22
Direct Works Subtotal	274
Indirects	
EPCM and other Indirects	61
Owners Costs	21
Contingencies (%)	46
Indirects Subtotal	128
Total Project	402

1.10 OPERATING COST ESTIMATE

On site operating costs were estimated at \$103.65/t of ore milled as shown in Table 1.5.

Table 1.5 Operating Cost

Area	Unit Cost (\$/t milled)
Mining	38.14
Processing	36.39
General and Administrative	29.13
Total Operating Cost	103.65

1.12 FINANCIAL ANALYSIS

Report to:



AMENDED TECHNICAL REPORT ON THE MACTURN PROPERTY

EFFECTIVE DATE: APRIL 3, 2009

Prepared by: Honorio Narciso, P.Eng., Wardrop Engineering Inc.
Iouri Iakovlev, P.Eng., Wardrop Engineering Inc.
Marinus André de Ruijter, P.Eng., Wardrop Engineering Inc.
Guy Impey, P.Eng., Wardrop Engineering Inc.
Scott Cowie, MAusIMM, Wardrop Engineering Inc.
Adrian Tanase, P.Eng., Wardrop Engineering Inc.
Andy Nichols, P.Eng., MAN Mining Inc.
Jay Collins, P.Eng., Merit Consultants International Inc.
Nigel Goodall, Goodall Business Resource Management Ltd.
Peter Lacroix, P.Eng., Scott Wilson Roscoe Postle Associates Inc.
Richard Trimble, P.Eng., EBA Engineering Consultants Ltd.

WARDROP

Suite 800, 555 West Hastings Street, Vancouver, British Columbia V6B 1M1
Phone: 604-408-3788 Fax: 604-408-3722 E-mail: vancouver@wardrop.com

1053390100-REP-R0001-00

Wardrop based the economic evaluation of the Mactung project on a pre-tax and post-tax financial model. For the expected 11.2-year mine life and 8.0 Mt reserves, Wardrop used the GBRM Preliminary Market Review that was commissioned by NATC as the source for tungsten metal price for the economic evaluation. Wardrop calculated the following base case pre-tax financial results based on GBRM's forecast of tungsten.

- 23.5% IRR
- 2.9 years payback on CDN\$402.1 million capital
- CDN\$276.8 million NPV at 8% discount value.

1.15 CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

Wardrop developed three scenarios with varying economic parameters to evaluate the Mactung project on a pre-tax basis. Based on the base case scenario for the project, an NPV of CDN\$277 M at an 8% discount rate and an IRR of 23.5% were obtained using the forecast metal prices as recommended by GBRM.

Sensitivity of the project was evaluated based on inputs such as metal price, exchange rate, grades, operating costs, and capital costs. The project NPV is most sensitive to the foreign exchange rate and, in decreasing order, head grade, price, operating, and capital costs.

On the basis of this study for the base case scenario with GBRM market projections, it is recommended to proceed with basic to detailed engineering, procurement, construction, and commissioning to target full production in 2013 Q1.

Conclusions and recommendations for Geology, Mining, Metallurgy and Mill, Environmental Baseline Considerations and Risks, Tailings Disposal, Infrastructure, Capital Costs, Operating Costs, and Project Execution Plan are outlined in Section 17.0 – Conclusions and Recommendations.



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA**
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional



Unrivaled Assets

- ↓ Mines & Projects
 - Canada & US
 - Operations
 - Red Lake
 - Eleonore
 - Porcupine
 - Muskegwhite
 - Development Projects
 - Borden
 - Cochener
 - Coffee
 - Latin America
 - Operations
 - Peñasquito
 - Los Filos
 - El Sauzal
 - **Marlin**
 - **Overview & Operating Highlights**
 - Location & Geology
 - Mining & Processing
 - Health, Safety & Environment
 - Interamerican Commission on Human Rights
 - Human Rights Assessment
 - Community Initiatives
 - Reports
 - Contact
 - Alumbraes
 - Pueblo Viejo
 - Carro Negro
 - San Martin
 - Development Projects
 - Camino Rojo
 - El Morro
- Reserves & Resources

Marlin - Overview & Operating Highlights

Marlin.
 Marlin has been in production since late 2006, operating as both an open pit and underground mine. Open pit operations ceased in early 2012 as the final, higher-grade portion of the open pit was mined, and the mine is now an underground operation only with closure expected at the end of 2016.

KEY OPERATIONAL FACTS	
Location	Guatemala
Mining type	Open Pit and Underground
Processing method	Crushing, Grinding and Cyanide Milling
Power demand	17 MW
Milling/Processing capacity	6,000 tpd

GOLD AND SILVER RESERVES	
<i>(as of June 30, 2016)</i>	
Gold Reserves	
Proven (oz)	50,000
Probable (oz)	10,000
Proven and Probable (oz)*	70,000
Silver Reserves	
Proven (oz)	2,760,000
Probable (oz)	340,000
Proven and Probable (oz)*	3,100,000

* Due to rounding, numbers may not add up.

KEY FACTS SUMMARY	2015A	2014A	2013A
Operating data			
Gold produced (oz)	168,600	186,500	202,200
Gold sold (oz)	169,200	183,800	204,600
Ore milled/processed (t)	1,310,100	1,933,900	1,941,900
Gold grade (g/t)	4.12	3.11	3.33
Gold recovery (%)	97%	97%	96%
All-in sustaining costs (US\$/oz)	\$688	\$862	\$628
Realized gold price (US\$/oz)	\$1,161	\$1,262	\$1,393
Throughput (tpd)	3,580	6,300	6,320
Minning costs per tonne mined [open pit] underground (US\$/t mined)	\$62	\$74	[\$2.92]\$65
Processing costs per tonne milled (US\$/t milled)	\$28	\$26	\$27.20

Financial data (US\$ millions)			
Revenues	\$312	\$367	\$447
Depreciation and depletion	\$248	\$157	\$142
Earnings (loss) from operations	(\$407)	(\$6)	\$94
Expenditures on mining interests	\$64	\$78	\$65

<http://www.goldcorp.com/English/Unrivaled-Assets/Mines-and-Projects/Latin-America/Operations/Marlin/Overview-and-Operating-Highlights/default.aspx>



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional



Unrivaled Assets

Mines & Projects

Canada & US

Operations

• Red Lake

• Éléonore

• Porcupine

• Musselwhite

Development Projects

• Borden

• Cochenour

• Coffee

Latin America

Operations

• Peñasquito

• Los Filos

• El Seuzel

• Marlin

• Alumbraes

• Pueblo Viejo

• Cerro Negro

Overview & Operating Highlights

• Location & Geology

• Contact

• Photo Gallery

• San Martín

Development Projects

• Camino Rojo

• El Morro

Reserves & Resources

Cerro Negro - Overview & Operating Highlights

One of Goldcorp's Newest Mines

Cerro Negro poured first gold on July 25, 2014 with commercial production achieved on January 1, 2015. Gold production for 2015 totaled 507,400 ounces. Cerro Negro is a high-grade gold mine located in the Santa Cruz province of Argentina. The operational focus remains on improving productivity which is expected to maximize net asset value over the long-term.

Cerro Negro contains several high-grade vein structures, including Mariana Central, Mariana Norte, San Marcos and Eureka. Since the acquisition in 2010 the gold reserves and resources have nearly doubled, and new discoveries support the Company's expectations that Cerro Negro will be a long-lived, high quality asset with low production costs. The property contains a large, very prospective land package, with a rich network of near-surface gold veins. Recent tax reforms have improved the climate for exploration of new veins within the Company's exploration concession within the Province of Santa Cruz. Integration and interpretation of geological, geophysical and field data has identified a total of 32 exploration targets and an aggressive program will commence in the near-term.

KEY OPERATIONAL FACTS

Location	Cerro Negro, Argentina
Mining type	Underground
Processing method	
Power demand	
Milling/Processing capacity	4,000 tpd

GOLD RESERVES

<i>(as of June 30, 2016)</i>	
Proven (oz)	1,590,000
Probable (oz)	3,260,000
Proven and Probable (oz)*	4,850,000

* Due to rounding, numbers may not add up.

KEY FACTS SUMMARY

	2015A
Operating data	
Gold produced (oz)	507,400
Gold sold (oz)	580,800
Ore milled/processed (t)	1,255,500
Gold grade (g/t)	13.47
Gold recovery (%)	84%
All-in sustaining costs (US\$/oz)	\$769
Realized gold price (US\$/oz)	\$1,180
Throughput (tpd)	3,400
Mining costs per tonne mined (US\$/t mined)	\$108.77
Processing costs per tonne milled (US\$/t milled)	\$42.84

Financial data (US\$ millions)

Revenues	\$790
Depreciation and depletion	\$348
Earnings (loss) from operations	(\$23)
Expenditures on mining interests	\$124

<http://www.goldcorp.com/English/Unrivaled-Assets/Mines-and-Projects/Latin-America/Operations/Cerro-Negro/Overview-and-Development-Highlights/default.aspx>



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional

Over half of the major mining commodities are expected to move into greenfield price regimes by 2020.

Expected evolution of price regimes

	Cash cost	Brownfield	Greenfield	Fly-up
Alumina		2014 2020		
Aluminum	2014	2020		
Seaborne coking coal	2014		2020	
Seaborne thermal coal	2014		2020	
Copper			2014	2020
Gold	2014		2020	
Seaborne iron ore	2014	2020		
Nickel	2014	2020		
Phosphate rock		2014	2020	
Potash		2020	2014	
Zinc			2014	2020

Source: McKinsey & Company

http://www.mckinsey.com/insights/energy_resources_materials/is_there_hidden_treasure_in_the_mining_industry



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional

•Price regimes

Cash cost – els nivells de preus estan a prop dels costos, i no hi ha incentiu mínim per invertir.

Brownfield inducement pricing – preu prou alt com per justificar la prolongació de la vida de les mines existents .

Greenfield inducement pricing – justificaria la inversió en nous projectes.

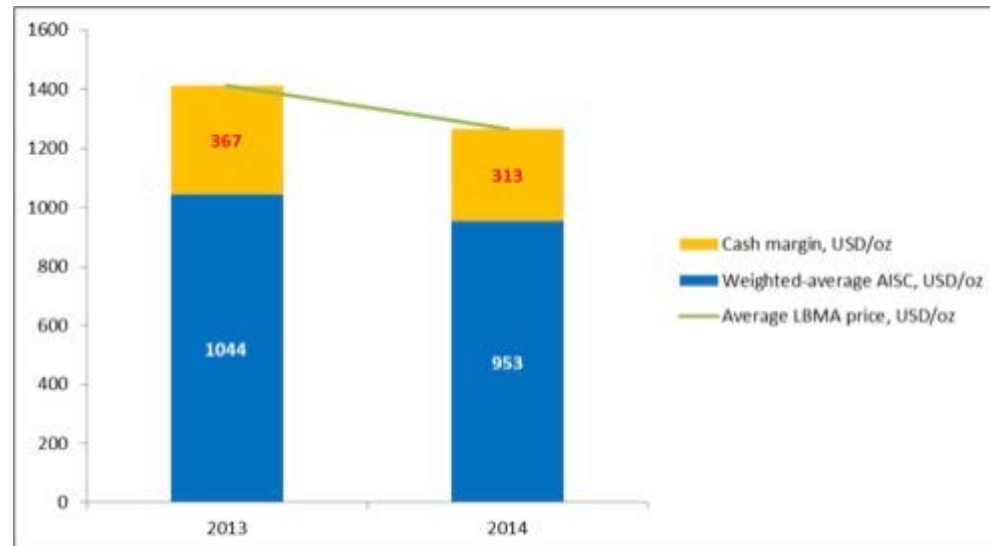
Fly-up pricing – la demanda creix tan ràpid que els preus es disparen temporalment molt per sobre dels nivells dictats per la corba de costos.

Consell Mundial de l'OR (WGC) publicava una Guia de costos sostenibles “all-in sustaining costs” AISC al juny 2013, que introduïa transparència en l'estimació de costos de producció intentant que sigui utilitzada habitualment per la indústria minera de l'or. Taula amb el cost AISC en USD/oz de les 10 empreses més importants del món en producció d'or.

	2014
Polyus Gold	825
Newcrest	854
Barrick	864
Goldcorp	949
<u>Agnico Eagle</u>	954
Kinross	965
Newmont	1002
AngloGold	
Ashanti	1026
Gold Fields	1053
Sibanye Gold	1071

AISC mesura costos directes de producció, costos corporatius i d'exploració, costos de capital i costos de sosteniment del negoci.

Sota hi ha l'evolució 2013 a 2014 dels costos mitjos de AISC, el marginal de cost o benefici referit al preu de mercat LBMA (London Bullion Market Association és l'associació de professionals del mercat que opera amb or i plata més important del món. Es tracta de una associació comercial que vetlla pels interessos dels seus membres i actúa en representació del mercat d'or i la plata).



FACTORS SEGONS EL MÈTODE D'EXPLOTACIÓ

Factors dilució i recuperació		
Mètode d'explotació	Factor de dilució [%]	Factor de recuperació [%]
Cel obert (Open pit)	5	90
Enfonsament per blocs (Block caving)	15	95
Tall i reompliment (Cut-and-fill)	5	85
Càmeres i pilars (Room-and-pillar)	5	185
Càmares magatzem (Shrinkage)	10	90
Subnivells (Sublevel longhole)	15	85
Càmares amb voladures cràter en retirada ascendent (Vertical crater retreat)	10	90

Dilució: percentatge d'estèril o marginal que s'extreu amb el mineral.

Recuperació: percentatge del mineral que s'extreu del jaciment explotat.



MÈTODES D'ESTIMACIÓ DE COSTOS

Mètode de la taula rodona

Experiència i comparació directe amb altres projectes semblants.



MÈTODES D'ESTIMACIÓ DE COSTOS

Mètode del cost unitari

És el resultat de multiplicar la capacitat de producció per la inversió específica.

Inversions específiques

Tipus explotació	Inversió específica €/t/any
MINES DE CARBÓ	
Cel obert	25-100
Interior	5-130
MINES METÀL·LIQUES	
Cel obert	50-150
Interior	80-200



MÈTODES D'ESTIMACIÓ DE COSTOS

Regla de Williams

La inversió varia amb la capacitat i mida del projecte.

$$I = K \cdot [\text{capacitat}]^x$$

On x és el factor exponencial o d'economia d'escala i K és una constant.

Relacionant el mateix tipus de projecte:

$$I_2 = I_1 \left(\frac{\text{Capacitat}_2}{\text{Capacitat}_1} \right)^x$$

Factors d'escala

Tipus	x
MINES DE CARBÓ A RÚSSIA	0,75-0,76
MINES DE CARBÓ A ALEMANYA	0,52
PLANTES DE PROCESSAT	2/3



MÈTODES D'ESTIMACIÓ DE COSTOS

Mètode del factor de Lang

Bassat amb el cot del equips principals.

Inversió total de projecte = $K \cdot$ Cost dels equips principals

Factor de Lang

Tipus	K
Mineria cel obert	3,55
Processament de sòlids	3,10
Processament de sòlids i líquids	3,63
Processament de líquids	4,74



VIDA DE MINA

Taylor va desenvolupar una equació comunament utilitzada en estudis de viabilitat per determinar la vida de mina, coneguda com a regla de Taylor (equació 3). Segons aquesta norma, l'equació fonamental de C és (producció de mineral en t/d):

$$C = \frac{T}{L d} \quad (1)$$

on L és la vida de mina en anys; T són les reserves explotables en tones; d són els dies a l'any d'operació.

Per trobar T, s'apliquen al total de mineral del dipòsit els factors recuperació i dilució (taula tema 1):

$$T = t \cdot fr \cdot (1 + fd) \quad (2)$$

on t és el tonatge de reserva total del dipòsit, fr és el factor de recuperació per al mètode d'explotació, i fd és el factor de dilució.

La llei de de Taylor és:

$$L = 0,2 T^{0,25} \quad (3)$$

Ara podem determinar la capacitat minera diària:

$$C_1 = \frac{T}{350 \cdot L} = \frac{T^{0,75}}{70}$$
$$C_2 = \frac{T}{260 \cdot L} = \frac{T^{0,75}}{52}$$

on C_1 és la capacitat de mina en t/d per 350d/a – 7d/setmana; i C_2 és la capacitat de mina en t/d per 260 d/a 5 d/setmana.

RITME ÒPTIM DE PRODUCCIÓ (ROP) VIDA ÒPTIMA D'EXPLOTACIÓ (VOE)

Regla de Taylor

$$\begin{aligned}VOE (\text{anys}) &= 6,5[T^{0,25}] \quad \pm 20\% \\ROP (\text{Mt/anys}) &= 0,25[T^{0,75}] \quad \pm 20\%\end{aligned}$$

T són les reserves en Mt.

Formules poc aproximades, atès que valen per tot (cel obert i subterrani).

Taylor, H. K. Mine Valuation and Feasibility Studies. Ch. in Mineral Industry Costs, 2nd ed., ed. by J. R Hoskins and W. R Green. Northwest Min. Assoc., 1978, pp. 1-17.



RITME ÒPTIM DE PRODUCCIÓ (ROP) VIDA ÒPTIMA D'EXPLOTACIÓ (VOE)

Regla de Brian Mackenzie (1982)

Mineria subterrània

$$ROP (t/anys) = 4,22[T^{0,756}]$$

Límits: 50.000 t/a < ritme < 6.000.000 t/a

Mineria a cel obert

$$ROP (t/anys) = 5,63[T^{0,756}]$$

Límits: 200.000 t/a < ritme (estèril+mineral) < 60.000.000 t/a

Límits: 50.000 t/a < ritme (mineral) < 30.000.000 t/a

T són les reserves en t.



RITME ÒPTIM DE PRODUCCIÓ (ROP) VIDA ÒPTIMA D'EXPLOTACIÓ (VOE)

Regla de López Jimeno (1986)

Mines de coure:

$$VOE \text{ (anys)} = 5,35[T^{0,273}]$$

Mines sobre les que s'ha fet la regressió: n=68 (R=0,82)

Mineria d'or:

$$VOE \text{ (anys)} = 5,08[T^{0,31}]$$

Mines sobre les que s'ha fet la regressió: n=36 (R=0,81)

Mineria de plom-zinc:

$$VOE \text{ (anys)} = 7,61[T^{0,276}]$$

Mines sobre les que s'ha fet la regressió: n=10 (R=0,8)

T són les reserves en Mt.



MÈTODE O'HARA (1980)

Costos de capital

Equacions generals:

Cel obert i planta:

$$I = 566400 Tm^{0,6}$$

Interior i planta:

$$I = 1132800 Tm^{0,6}$$

I és el cost de la inversió en \$ del Canadà de 1980.

Tm és la capacitat de producció en tones curtes per dia (1 tc = 0,907 t).

Són expressions de referència, poc aproximades.



MÈTODE O'HARA (1980)

Costos de capital: MCO

Dades prèvies:

Número d'excavadores (N_s) i número de dúmpers (N_t):

$$S = 0,13 T^{0,4}$$
$$N_s = 0,007 \frac{T^{0,8}}{S}$$
$$t = 8 S^{1,1}$$
$$N_t = 0,2 \frac{T^{0,8}}{t}$$

On:

S és la capacitat de les excavadores (yd^3 ; $1 \text{yd}^3 = 0,76 \text{m}^3$)

t és la capacitat del dúmper (t)

T és la producció diària d'estèril més mineral (t/dia).



MÈTODE O'HARA (1980)

Costos de capital: MINERIA A CEL OBERT

Concepte	Paràmetre de cost	Interval gràfic	Equació de cost \$C 1980	Observacions
1.Acondicionament de l'àrea i accessos	T = t/dia d'estèril i mineral	10 ³ a 10 ⁵	C ₁₁ = 2.832 T ^{0.5} C ₁₂ = 7.080 T ^{0.5}	Topografia suau. Topografia accidentada, bosc.
2.Desmunt previ	To = t de recubriment	10 ⁴ a 10 ⁷	C ₂₁ = 1.133 To ^{0.5} C ₂₂ = 12.035 To ^{0.5}	Recubriment de sols. Recubriment de roques
3.Equips miners	S = capacitat de les excavadores (yd ³) t = capacitat dels dúmpers (t)	4 a 15 35 a 150	C ₃₁ = 325.664 Ns S ^{0.73} C ₃₂ = 12.743 Nt t ^{0.5} C ₃₃ = 2,27 C ₃₁ T ^{0.2}	Ns número excavadores Nt número de volquets Equips de perforació
4.Instal·lacions manteniment	T = t/dia d'estèril i mineral	10 ³ a 10 ⁵	C ₄ = 221.389 T ^{0.3}	Amb equips de manteniment
5.Subministre energia i aigua	Estimats a la planta de tractament			
6.Estudis de viabilitat, enginyeria i planificació	4 a 6% de (C ₁₁ + C ₁₂ + C ₂₁ + C ₂₂) o 8% de (C ₃₁ + C ₃₂ + C ₃₃ + C ₄)			
7.Construcció, supervisió i direcció	8 a 10% de (C ₁₁ + C ₁₂ + C ₂₁ + C ₂₂ + C ₃₁ + C ₃₂ + C ₃₃ + C ₄)			
8.Tràmits legals i administratius, permisos, etc.	4 a 7% de (C ₁₁ + C ₁₂ + C ₂₁ + C ₂₂ + C ₃₁ + C ₃₂ + C ₃₃ + C ₄)			



MÈTODE O'HARA (1980)

Costos de capital: PLANTA DE PROCESSAMENT

Concepte	Paràmetre de cost	Interval gràfic	Equació de cost \$C 1980	Observacions
1.Explanació i preparació	T = capacitat en t/dia	500-7000	$C_1 = 56.637 F_s T^{0.3}$	F_s = factor local
2.Cimentacions i obra	T = capacitat en t/dia	500-7000	$C_2 = 28.319 F_c T^{0.5}$	F_c = factor de roca
3. Trituració i cintes	T = capacitat en t/dia	500-7000	$C_3 = 63.717 T^{0.5}$	
4.Edifici de molta	T = capacitat en t/dia	500-7000	$C_4 = 42.478 F_w T^{0.5}$	F_w = factor climàtic
5.Classificació i matazem	T = capacitat en t/dia	500-7000	$C_5 = 11.328 F_g T^{0.7}$	F_g = factor de molta
6.Flotaçió o concentració	T = capacitat en t/dia	500-7000	$C_6 = 3.540 F_p T^{0.7}$	F_p = factor de processament
7.Espessidors i filtres	T = capacitat en t/dia	500-7000	$C_7 = 7.000 F_t T^{0.5}$	F_t = factor de processament
8.Emmagatzematge de concentrat	T_c = concentrat en t/d	20-500	$C_8 = 5.664 T_c^{0.8}$	
9.Energia elèctrica	P = càrrega màxima kW M = allargada total de línies en milles	2.000-30.000	$C_{91} = 65.133 P^{0.6}$ $C_{92} = 6.372 P^{0.8}$ $C_{93} = 196 P^{0.8} 8.495 M$ $C_{94} = 65.133 P^{0.8}$	Generador de carbó Generador de gas-oil Subestació transformadora Línies de baixa tensió
10.Presa de residus	T = capacitat en t/dia	500-7000	$C_{10} = 4.248 T^{0.5}$	Preses a terreny pla
11.Abastiment aigua	Q = cabal en galons/min	500-6.500	$C_{111} = 496 L Q P^{0.9}$ $C_{112} = 3.257 Q^{0.6}$ $C_{113} = 4.248 Q^{0.6}$	L = allargada tuberies Q = cabal aigua fresca Q = cabal aigua recirculada
12.Instal·lacions auxiliars	N = número empleats		$C_{12} = 11.328 N^{0.8}$	
13.Pistes d'accés	R = allargada (milles) b = allargada de ponts (peus)		$C_{131} = 424.779 R$ $C_{132} = 184 b^{1.5}$	Pistes Ponts
14.Allotjaments i residències	N = número empleats		$C_{141} = 77.786 N$ $C_{142} = 28.319 N$	Àrees residencials Campaments
15.Estudis de viabilitat, disseny i planificació			4-6% de ($C_1 + C_2 + C_{13}$) + 6-8% de (C_3 a C_{12} + C_{14})	
16.Supervisió i direcció			8 a 10% de (C_1 a C_{14})	
17.Tràmits legals i administratius.			4 a 7% de (C_1 a C_{14})	



MÈTODE O'HARA (1980)

Costos de capital: PLANTA DE PROCESSAMENT

Factor	Valor	Observacions
Fs = factor local	1,0	Terreny pla, menys de 3 m de recubriment
	1,5	Pendents suaus, fa falta voladura
	2,5	Pendents forts, fan falta moltes voladures
Fc = factor de roca	1,0	Cimentació sobre roca competent
	1,8	Arenes i graves
	3,5	Sols
Fw = factor climàtic	1,0	Climes templats
	1,8	Climes freds
	2,5	Climes extrems
Fg = factor de molta	1,0	Minerals tous ($WI < 12$) 55% - 200 malles
	1,5	Minerals mig ($12 < WI < 17$) 77% - 200 malles
	1,8	Minerals durs ($WI > 17$) 80% - 200 malles
Fp = factor de processament	1,0	Minerals d'or, cianuració
	1,2	Flotació, minerals de coure de baixa llei
	1,6	Flotació, minerals de Cu/Zn d'alta llei
	2,0	Flotació selectiva, mineral complexos
	3,0	Flotació, torrefacció i cianuració d'or complex
5,0	Concentració gravimètrica	
Ft = Factor de processament	1,0	Minerals de coure de baixa llei
	1,6	Minerals de coure d'alta llei amb Zn
	2,0	Minerals complex de Pb/Zn/Ag o Cu/Zn/Pb
	3,0	Minerals d'or per cianuració



MÈTODE O'HARA (1980)

Costos de capital: PLANTA DE PROCESSAMENT

Potència elèctrica instal·lada	Paràmetre	Equació
Mina a cel obert i planta	T = capacitat de processat en t/dia	$P = 136 T^{0,5}$
Mina d'interior i planta	T = capacitat de processat en t/dia	$P = 27 T^{0,5}$

Cabal Q (galons/min)	Equació de càlcul	Aplicacions
Aigua fresca	$Q = 12 T^{0,6}$	Zones humides i abastaments desde 1 milla
Aigua fresca	$Q = 2,5 T^{0,6}$	Zones seques amb poca aigua i mines a cel ober amb grans produccions
Aigua recirculada	$Q = 0,026 T^{1,2}$	Recirculada amb aigua escasa



Mètode de Camm 1991

Costos: Minería a cel obert

Es desenvolupen dos models per minería a cel obert:

1. Un model per a mines de capacitat de producció més petita, vàlid per a operacions amb capacitats diàries de 500 a 20.000 t/d de material mogut (mineral i estèril).
2. Un model de gran tonatge, les capacitats aplicables van de 20.000 a 200.000 t/d.

Equips	Gamma de mida					
Excavadora hidràulica	4,5 a	25	yd ³	=	3,4 a	19,1 m ³
Carregadores frontal	4,5 a	13,5	yd ³	=	3,4 a	10,3 m ³
Dúmpers	35 a	150	t			
Bulldózer	200 a	700	HP			
Perforadores	4 1/2 a	7 7/8	in	=	11 a	20 m
Motonivelladores	135 a	275	HP			
Camions d'aigua		10000	gal	=		2641,7 m ³



Mètode de Camm 1991

Costos: Minería a cel obert

**Mina a cel obert
(500-20.000 t/d)**

Categoria	Cost de capital US \$ (1989)	Costos operatius, US \$ (1989)/tc
Mà d'obra	$30,100(X)^{0.443}$	$213(X)^{-0.610}$
Equips	$121,000(X)^{0.516}$	$0.513(X)^{-0.072}$
Acer	$2,930(X)^{0.525}$	$0.110(X)^{-0.149}$
Combustible	$262(X)^{0.721}$	$0.704(X)^{-0.159}$
Lubricant	$50.6(X)^{0.762}$	$0.144(X)^{-0.110}$
Explosius	$24.0(X)^{0.963}$	$0.221(X)^{-0.040}$
Pneumàtics	$16.5(X)^{0.904}$	$0.509(X)^{-0.251}$
Material de construcció	$8,210(X)^{0.470}$	$0.049(X)^{-0.037}$
Impost sobre les vendes	$7,630(X)^{0.520}$	$0.069(X)^{-0.084}$
Total	$160,000(X)^{0.515}$	$71.0(X)^{-0.414}$

**Mina a cel obert
(20.000-200.000 t/d)**

Categoria	Cost de capital US \$ (1989)	Costos operatius, US \$ (1989)/tc
Mà d'obra	$405(X)^{0.443}$	$21.5(X)^{-0.379}$
Equips	$2,070(X)^{0.913}$	$0.84(X)^{-0.128}$
Acer	$36.7(X)^{0.955}$	$0.022(X)^{0,0}$
Combustible	$22.3(X)^{0.978}$	$0.406(X)^{-0.103}$
Lubricant	$10.1(X)^{0.936}$	$0.084(X)^{-0.065}$
Explosius	$30.2(X)^{0.941}$	$0.147(X)^{0,0}$
Pneumàtics	$0.590(X)^{1.228}$	$0.00015(X)^{0.546}$
Material de construcció	$51.8(X)^{0.965}$	$0.034(X)^{0,0}$
Impost sobre les vendes	$128(X)^{0.919}$	$0.028(X)^{0,0}$
Total	$2,670(X)^{0.917}$	$5.14(X)^{-0.148}$

X és la capacitat de la mina en tones de mineral i estèril per dia



Mètode de Camm 1991

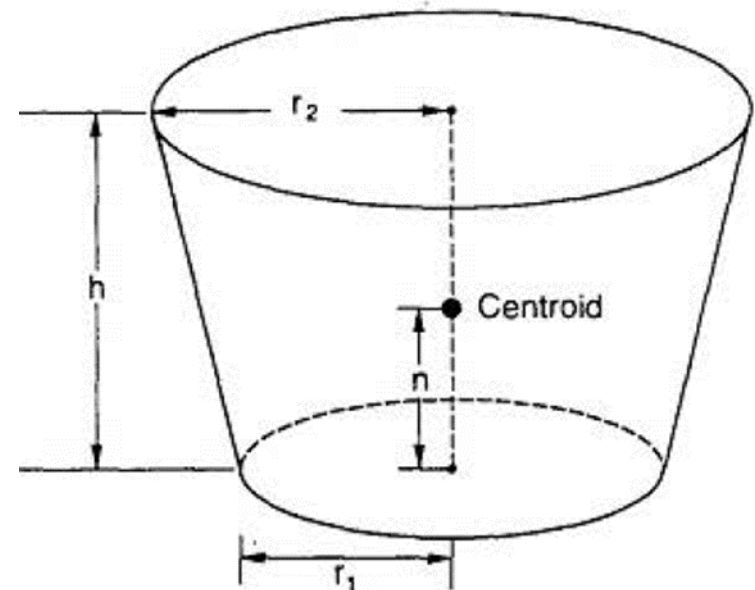
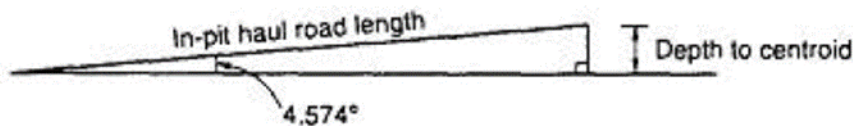
Costos: Minería a cel obert

FACTOR D'AJUST PEL TRANSPORT

La distància de transport és una de les variables a tenir en compte en una mina a cel obert, i afectarà els costos.

Les dades de partida són:

- Pendants del talús 45°
- Carretera amb una pendent de 8% ($4,574^\circ$)
- Relació d'arrencada de mineral i estèril (SR): 1:1



Mètode de Camm 1991

Costos: Minería a cel obert

FACTOR D'AJUST PEL TRANSPORT

El primer pas en l'aplicació dels factors de recorregut és determinar la distància mitjana utilitzada pel model. Aquesta distància mitjana distància es troba utilitzant les equacions:

Mines de superfície petites, el recorregut mig del mineral i residus (en peus)

$$H_d = 347 \cdot X^{0.260} \quad (9)$$

Per a mines de superfície més grans: el recorregut mig del mineral i residus (en peus)

$$H_d = 145 \cdot X^{0.357} \quad (10)$$

(Recordeu que X són les tc/d material extret):



Mètode de Camm 1991

Costos: Minería a cel obert

FACTOR D'AJUST PEL TRANSPORT

Els factors de recorregut es basen en correccions per distàncies per sobre del valor mig del model H_d , i es defineixen com “f”. Dos situacions:

1. Si la distància mitja H_d utilitzada en el model és més gran que la distància del cas d'estudi, utilitzar les equacions sense ajustament de recorregut.
2. Si H_d és més petit, aleshores mira quin és el valor de distància que sobrepassa “f” i utilitzar les equacions amb ajust de recorregut amb aquest valor d'excés.



Mètode de Camm 1991

Costos: Minería a cel obert

Mina a cel obert (500-20,000 t/d) considerant el recorregut del transport.

Categoria	Capital cost + factor de recorregut US \$ (1989)
Mà d'obra	$30,100(X)^{0.443} + 13,700(f/1000)$
Equips	$121,000(X)^{0.516} + 344,000(f/1000)$
Acer	$2,930(X)^{0.525} + 1,400(f/1000)$
Combustible	$262(X)^{0.721} + 9,000(f/1000)$
Lubricant	$50.6(X)^{0.762} + 2,600(f/1000)$
Explosius	$24.0(X)^{0.963}$
Pneumàtics	$16.5(X)^{0.904} + 1,200(f/1000)$
Material de construcció	$8,210(X)^{0.470} + 25,200(f/1000)$
Impost sobre les vendes	$7,630(X)^{0.520} + 22,300(f/1000)$
Total	$160,000(X)^{0.515} + 419,400(f/1000)$
Categoria	Operatiu cost + factor de recorregut, US \$ (1989)/tc
Mà d'obra	$213(X)^{-0.610} + 0.009(f/1000)$
Equips	$0.513(X)^{-0.072} + 0.003(f/1000)$
Acer	$0.110(X)^{-0.149}$
Combustible	$0.704(X)^{-0.159} + 0.003(f/1000)$
Lubricant	$0.144(X)^{-0.110} + 0.001(f/1000)$
Explosius	$0.221(X)^{-0.040}$
Pneumàtics	$0.509(X)^{-0.251} + 0.003(f/1000)$
Material de construcció	$0.049(X)^{-0.037}$
Impost sobre les vendes	$0.069(X)^{-0.084}$
Total	$71.0(X)^{-0.414} + 0.020(f/1000)$
f = recorregut mig d'excés, en peus (vegeu equació 9)	
X = capacitat de la mina de tones de mineral i estèril per dia	



Mètode de Camm 1991

Costos: Minería a cel obert

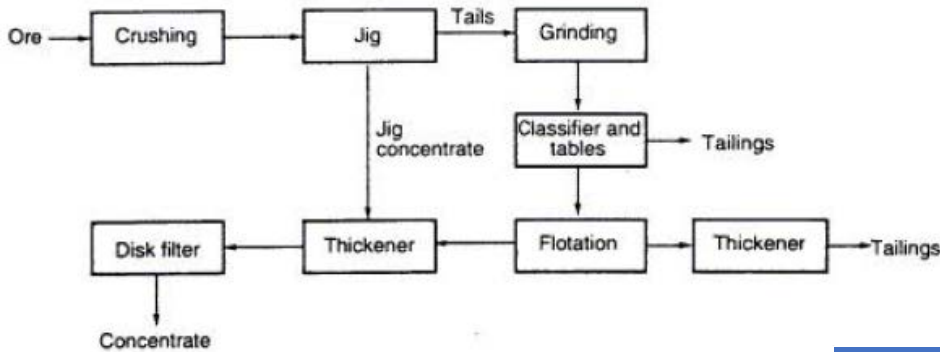
Mina a cel obert (20.000-200.000 t/d) considerant el recorregut del transport.

Categoria	Capital cost + factor de recorregut US \$ (1989)
Mà d'obra	$405(X)^{0.890} + 43,400 + (f/1000)$
Equips	$2,070(X)^{0.913} + 527,000(f/1000)$
Acer	$36.7(X)^{0.955} + 2,100(f/1000)$
Combustible	$22.3(X)^{0.978} + 25,300(f/1000)$
Lubricant	$10.1(X)^{0.936} + 7,300(f/1000)$
Explosius	$30.2(X)^{0.941}$
Pneumàtics	$0.590(X)^{1.228} + 10,000(f/1000)$
Material de construcció	$51.8(X)^{0.965} + 53,900(f/1000)$
Impost sobre les vendes	$128(X)^{0.919} + 35,600(f/1000)$
Total	$2,670(X)^{0.917} + 704,600(f/1000)$
Categoria	Operatiu cost + factor de recorregut, US \$ (1989)/tc
Mà d'obra	$21.5(X)^{-0.379} + 0.011(f/1000)$
Equips	$0.840(X)^{-0.128} + 0.004(f/1000)$
Acer	$0.022(X)^{0.0}$
Combustible	$0.406(X)^{-0.103} + 0.004(f/1000)$
Lubricant	$0.084(X)^{-0.065} + 0.001(f/1000)$
Explosius	$0.147(X)^{0.0}$
Pneumàtics	$0.00015(X)^{-0.546} + 0.004(f/1000)$
Material de construcció	$0.034(X)^{0.0}$
Impost sobre les vendes	$0.028(X)^{0.0}$
Total	$5.14(X)^{-0.148} + 0.024(f/1000)$
f = recorregut mig d'excés, en peus (vegeu equació 10)	
X = capacitat de la mina de tones de mineral i estèril per dia	



Mètode de Camm 1991

Costos: Planta processat gravimètrica



Basat en plantes de processat d'or, tugtè i minerals pesats.

Vàlid per plantes de separació per gravetat de minerals metàl·lic com or, tugtè i altres minerals pesats.

Recuperacions del 93%.

(Capacitat de processat 100-1.000 tc/d)

Categoria	Cost de capital \$	Costos operatius, \$/tc
Mà d'obra	45,200(X) ^{0.544}	41.0(X) ^{-0.383}
Equips	57,500(X) ^{0.509}	18.6(X) ^{-0.408}
Acer	17,500(X) ^{0.515}	1.22(X) ^{-0.112}
Lubricant	NA	1.16(X) ^{-0.423}
Material de construcció	10,700(X) ^{0.574}	NA
Electricitat	NA	9.32(X) ^{-0.408}
Reactius	NA	0.208(X) ^{0,0}
Impost sobre les vendes	5,110(X) ^{0.521}	0.980(X) ^{-0.316}
Total	135,300(X) ^{0.529}	67.8(X) ^{-0.364}

NA = no aplicable

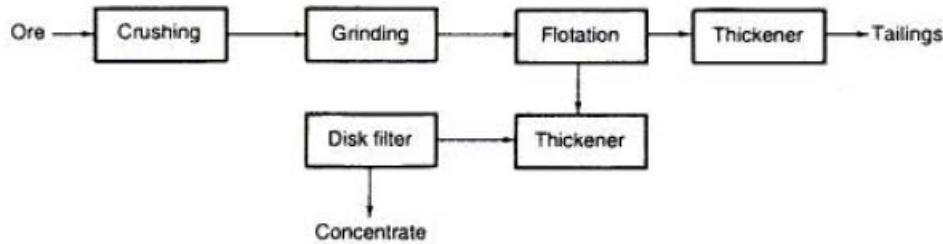
X = capacitat de processat en tones per dia.

Els costos de capital s'expressen en US dòlars 1989 i els d'exploació en US dòlars 1989 per tona curta de tot-ú (mineral i estèril)



Mètode de Camm 1991

Costos: Planta processat amb flotació d'un concentrat



Basat en un planta d'un concentrat de molibdè
 Vàlid per plantes de flotació d'un producte mineral metàl·lic com coure, molibdè, plom o zinc.
 Recuperacions del 90%.

(Capacitat de processat 500-40.000 tc/d)

Categoria	Cost de capital \$	Costos operatius, \$/tc
Mà d'obra	$10,900(X)^{0.688}$	$894(X)^{-0.708}$
Equips	$26,700(X)^{0.684}$	$21.0(X)^{-0.323}$
Acer	$9,470(X)^{0.622}$	$0.742(X)^{0,0}$
Lubricant	NA	$2.07(X)^{-0.315}$
Material de construcció	$42,200(X)^{0.653}$	NA
Electricitat	NA	$1.55(X)^{-0.029}$
Reactius	NA	$0.771(X)^{0,0}$
Impost sobre les vendes	$4,630(X)^{0.664}$	$0.670(X)^{-0.158}$
Total	$92,600(X)^{0.667}$	$121(X)^{-0.335}$

NA = no aplicable

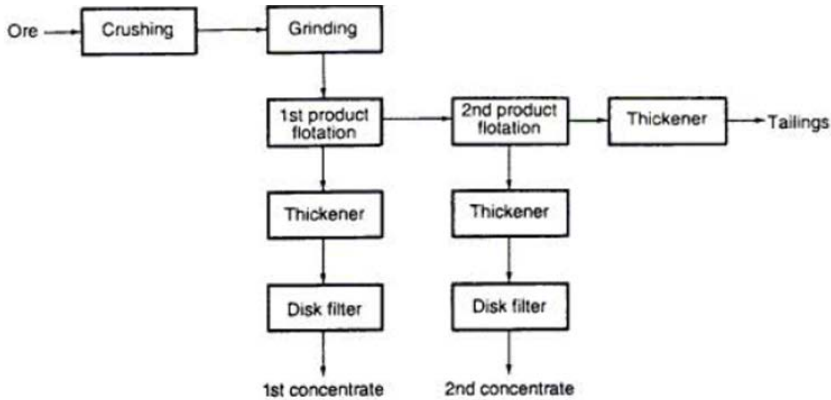
X = capacitat de processat en tones per dia.

Els costos de capital s'expressen en US dòlars 1989 i els d'explotació en US dòlars 1989 per tona curta de tot-ú (mineral i estèril)



Mètode de Camm 1991

Costos: Planta processat amb flotació de 2 concentrats



Basat en un planta de processat de plom i zinc
Vàlid per plantes de flotació de dos productes minerals metàl·lic com coure, plom o zinc.

Recuperacions del 90%, 63% pel molibdè

(Capacitat de processat 500-40.000 tc/d)

Categoria	Cost de capital \$	Costos operatius, \$/tc
Mà d'obra	$12,300(X)^{0.692}$	$1,060(X)^{-0.719}$
Equips	$30,400(X)^{0.691}$	$25.2(X)^{-0.337}$
Acer	$8,170(X)^{0.658}$	$0.742(X)^{0,0}$
Lubricant	NA	$2.63(X)^{-0.324}$
Material de construcció	$28,600(X)^{0.722}$	NA
Electricitat	NA	$1.61(X)^{-0.027}$
Reactius	NA	$0.613(X)^{0,0}$
Impost sobre les vendes	$3,970(X)^{0.704}$	$0.796(X)^{-0.181}$
Total	$82,500(X)^{0.702}$	$149(X)^{-0.356}$

NA = no aplicable

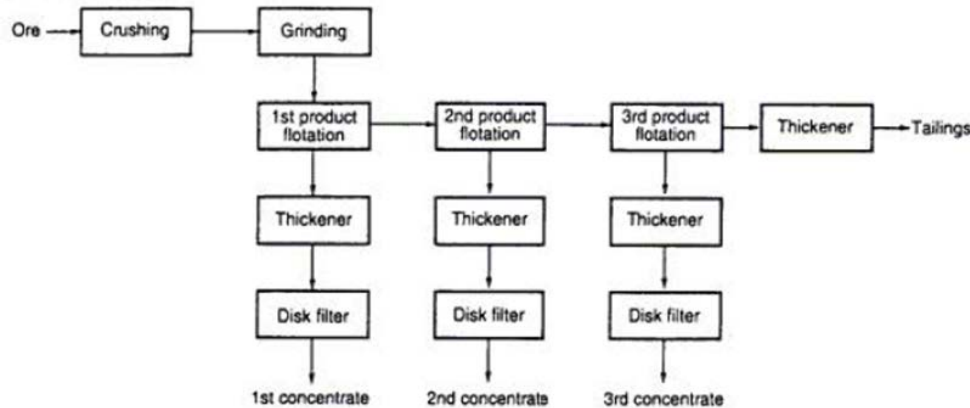
X = capacitat de processat en tones per dia.

Els costos de capital s'expressen en US dòlars 1989 i els d'explotació en US dòlars 1989 per tona curta de tot-ú (mineral i estèril)



Mètode de Camm 1991

Costos: Planta processat amb flotació de 3 concentrats



Basat en un planta de processat de plom, coure i zinc
Vàlid per plantes de flotació de dos productes minerals metàl·lic com coure, plom o zinc.

Recuperacions del 90%, 63% pel molibdè

(Capacitat de processat 500-40.000 tc/d)

Categoria	Cost de capital \$	Costos operatius, \$/tc
Mà d'obra	12,700(X) ^{0.696}	1,200(X) ^{-0.725}
Equips	31,600(X) ^{0.694}	29.6(X) ^{-0.3348}
Acer	6,240(X) ^{0.694}	0.742(X) ^{0,0}
Lubricant	NA	3.20(X) ^{-0.330}
Material de construcció	29,800(X) ^{0.725}	NA
Electricitat	NA	1.66(X) ^{-0.027}
Reactius	NA	1.13(X) ^{0,0}
Impost sobre les vendes	4,020(X) ^{0.710}	0.852(X) ^{-0.165}
Total	83,600(X) ^{0.708}	153(X) ^{-0.344}

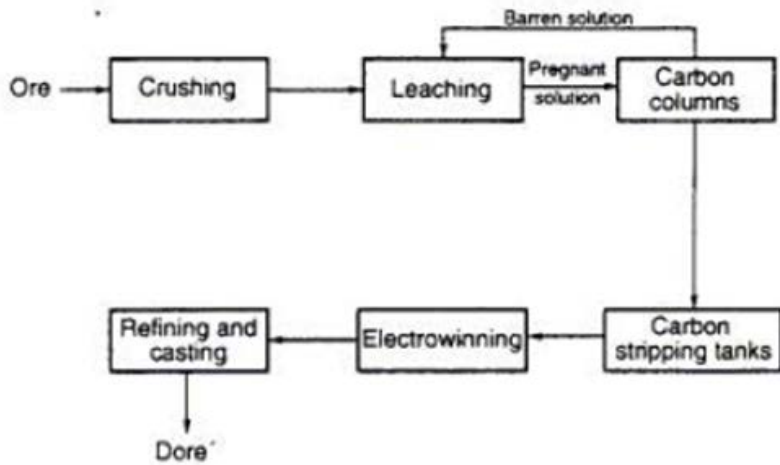
NA = no aplicable

X = capacitat de processat en tones per dia.



Mètode de Camm 1991

Costos: Planta processat amb lixiviació



Basat en plantes de processat d'or i plata.
 Valid per plantes on hi ha piles de lixiviació amb or i oxid de plata de
 baixa qualitat
 Recuperacions del 70% amb lleis de 0,04 oz Au/tc (1 oz = 28,35 g)
 (Capacitat de processat 1.000-20.000 tc/d)

Categoria	Cost de capital \$	Costos operatius, \$/tc
Mà d'obra	316,200(X) ^{0.583}	135(X) ^{-0.562}
Equips	60,100(X) ^{0.629}	5.50(X) ^{-0.357}
Acer	47,900(X) ^{0.372}	NA
Combustible	NA	0.266(X) ^{-0.013}
Lubricant	NA	2.91(X) ^{-0.350}
Pneumàtics	NA	0.071(X) ^{0,0}
Material de construcció	41,500(X) ^{0.452}	1.08(X) ^{0,0}
Electricitat	NA	13.7(X) ^{-0.491}
Reactius	NA	1.30(X) ^{0,0}
Impost sobre les vendes	6,610(X) ^{0.583}	0.231(X) ^{-0.040}
Total	296,500(X) ^{0.512}	31.5(X) ^{-0.223}

NA = no aplicable

X = capacitat de processat en tones per dia.

Els costos de capital s'expressen en US dòlars 1989 i els d'explotació en US dòlars 1989 per tona curta de tot-ú (mineral i estèril)



Valoració model Camm 1991

Comparació valor estimats amb valors aportats pel cas de mines de coure amb lixiviació.

Mine or Project	Location	Data Date	Estimated Capital Cost \$/lb Cu	Reported Capital Cost \$/lb Cu	Estimated Operating Cost \$/lb Cu	Reported Operating Cost \$/lb Cu
Andacollo	Chile	1996	***0.08	0.17	0.13	0.51
Carlota	USA	1996	0.12	0.15	0.20	0.58
Cerro Colorado	Chile	1994	0.04	0.14	0.11	0.53
Cerro Colorado	Panama	1998	NE	0.26	NE	0.49
Cerro Negro	Peru	1999	NE		NE	0.55
Dos Pobres/San Juan*	USA	1996	0.08	0.13	0.21	NA
El Abra	Chile	1997	0.02	0.13	0.10	0.42
Getty North	Canada	1998	**0.15	0.22	0.25	0.55
Lomas Bayas	Chile	1998	0.06	0.15	0.20	0.54
Monywa – Letpadaung*	Burma	1997	0.04	0.12	0.19	0.38
Monywa – S & K	Burma	1998	0.10	0.13	0.40	0.50
Piedras Verdes	Mexico	1998	0.14	0.14	0.20	0.50
Quebrada Blanca	Chile	1994	NE	0.16	NE	0.40
Radomiro Tomic*	Chile	1998	0.05	0.08	0.14	0.37
Sanchez	USA	1992	0.11	0.09	0.33	0.52
Silver Bell North	USA	1997	0.08	0.07	0.54	0.50
Sullivan	USA	1997	NE		NE	0.60
Zaldivar	Chile	1995	0.04	0.11	0.09	0.49



UNA ALTRE ALTERNATIVA: INFOMINE

Surface mines: 1,000 metric tons of ore per day

Cost Parameters	Stripping Ratio, Waste/Ore			
	1:1	2:1	4:1	8:1
Cost Summary				
Operating costs, \$/t ore				
Supplies and materials	4.21	6.17	10.09	17.92
Labor	4.84	6.23	7.61	10.01
Equipment operation	1.67	2.31	4.05	7.56
Administration	2.20	2.46	2.67	3.75
Sundry items	1.29	1.72	2.44	3.92
Total operating costs	14.21	18.89	26.86	43.16
Capital costs, \$				
Equipment	2,725,700	3,493,500	4,575,100	8,027,800
Haul roads/site work	534,600	642,900	1,241,100	1,600,600
Preproduction stripping	164,100	281,100	502,300	880,800
Buildings	691,200	780,700	1,349,100	1,985,200
Electrical system	68,700	95,000	101,900	111,500
Working capital	417,200	565,200	793,800	1,324,600
Engineering and management	342,300	433,900	636,000	1,036,600
Contingency	452,700	572,700	840,600	1,364,200
Total capital costs	5,396,500	6,865,000	10,039,900	16,331,300

Source: Data from InfoMine USA 2009b.

Surface mines: 10,000 metric tons of ore per day

Cost Parameters	Stripping Ratio, Waste/Ore			
	1:1	2:1	4:1	8:1
Cost Summary				
Operating costs, \$/t ore				
Supplies and materials	1.69	2.07	3.33	5.74
Labor	1.91	2.42	3.68	6.33
Equipment operation	1.44	2.49	4.79	9.44
Administration	0.69	0.84	1.20	1.74
Sundry items	0.57	0.78	1.30	2.33
Total operating costs	6.30	8.60	14.30	25.58
Capital costs, \$				
Equipment	13,956,400	22,375,800	45,083,900	88,465,500
Haul roads/site work	2,183,300	3,050,600	6,007,700	7,942,200
Preproduction stripping	824,200	1,438,700	2,731,400	5,609,500
Buildings	3,217,500	3,803,900	6,191,900	10,826,200
Electrical system	179,200	190,200	406,100	428,000
Working capital	1,631,900	2,035,800	3,282,600	5,567,800
Engineering and management	2,105,500	3,252,400	6,310,300	11,877,200
Contingency	2,246,600	3,411,200	6,673,100	12,514,900
Total capital costs	26,344,600	39,558,600	76,687,000	143,231,300

Surface mines: 80,000 metric tons of ore per day

Cost Parameters	Stripping Ratio, Waste/Ore			
	1:1	2:1	4:1	8:1
Cost Summary				
Operating costs, \$/t ore				
Supplies and materials	1.11	2.10	2.60	4.59
Labor	0.88	1.40	2.39	4.55
Equipment operation	1.70	3.32	6.22	12.14
Administration	0.28	0.36	0.52	0.83
Sundry items	0.40	0.72	1.17	2.21
Total operating costs	4.37	7.90	12.90	24.32
Capital costs, \$				
Equipment	93,345,400	235,141,700	441,435,900	844,119,800
Haul roads/site work	10,946,400	27,513,100	35,694,800	43,404,000
Preproduction stripping	4,553,100	23,065,300	21,687,700	45,707,400
Buildings	12,079,400	26,577,200	33,517,000	65,059,900
Electrical system	1,485,900	1,870,200	2,698,700	3,526,400
Working capital	8,818,800	16,957,500	22,500,200	40,011,200
Engineering and management	15,375,000	39,536,200	67,666,100	126,902,900
Contingency	13,778,500	35,370,400	60,270,000	112,872,000
Total capital costs	160,382,500	406,031,600	685,470,400	1,281,603,600



COSTOS OPERACIÓ: VOLADURA

<http://www.itec.cat/nouBedec.c/bedec.aspx>

G22 (E)							
G2215301	m3	Excavació en zona de desmunt, de roca, mitjançant voladura i càrrega sobre camió	7,30 €	(J,MA*)			
Codi	U.A	Definició	Preu	Quantitat	€	Més Info	
A0121000	h	Oficial 1a	23,30 €	0,02	0,47 €		
A0140000	h	Manobre	19,47 €	0,01	0,19 €		
B0211000	kg	Explosiu tipus goma-2 EC amb part proporcional de metxa i detonant	5,04 €	0,35	1,76 €	(MA*,ON)	
C110D000	h	Carro de perforació HC-350	126,84 €	0,02	2,54 €	(MA,ON)	
C13113B0	h	Pala carregadora sobre cadenes d'11 a 17 t	86,18 €	0,027	2,33 €	(MA,ON)	
A%AUX001	%	Despeses auxiliars sobre la mà d'obra	0,66 €	0,015	0,01 €		
G22 (E)							
G22A2240	m2	Tall previ per a talussos amb barrinades de diàmetre 51 mm col·locades cada 500 mm de 6 a 10 m de llargària	26,50 €	(J,MA*)			
Codi	U.A	Definició	Preu	Quantitat	€	Més Info	
A0121000	h	Oficial 1a	23,30 €	0,11	2,56 €		
A0140000	h	Manobre	19,47 €	0,11	2,14 €		
B0211000	kg	Explosiu tipus goma-2 EC amb part proporcional de metxa i detonant	5,04 €	0,4	2,02 €	(MA*,ON)	
C110D000	h	Carro de perforació HC-350	126,84 €	0,155	19,66 €	(MA,ON)	
A%AUX001	%	Despeses auxiliars sobre la mà d'obra	4,70 €	0,025	0,12 €		
G22 (E)							
G22A3340	m2	Tall previ per a talussos amb barrinades de diàmetre 76 mm col·locades cada 750 mm de 6 a 10 m de llargària	25,24 €	(J,MA*)			
Codi	U.A	Definició	Preu	Quantitat	€	Més Info	
A0121000	h	Oficial 1a	23,30 €	0,1	2,33 €		
A0140000	h	Manobre	19,47 €	0,11	2,14 €		
B0211000	kg	Explosiu tipus goma-2 EC amb part proporcional de metxa i detonant	5,04 €	0,45	2,27 €	(MA*,ON)	
C110D000	h	Carro de perforació HC-350	126,84 €	0,145	18,39 €	(MA,ON)	
A%AUX001	%	Despeses auxiliars sobre la mà d'obra	4,47 €	0,025	0,11 €		



UNIV
DE CA
BARC

Campus d'Excel·lència Internacional

COSTOS OPERACIÓ: EXCAVACIÓ

<http://www.itec.cat/nouBedec.c/bedec.aspx>

G221_01 - (E)							
	G2212101	m3	Excavació en zona de desmunt, de terreny compacte, amb mitjans mecànics i càrrega sobre camió	2,52 €	(J,MA)		
Codi	U.A.	Definició	Preu	Quantitat	€	Més Info	
	A0140000	h	Manobre	19,47 €	0,01	0,19 €	
	C13113B0	h	Pala carregadora sobre cadenes d'11 a 17 t	86,18 €	0,027	2,33 €	(MA,ON)
	A%AUX001	%	Despeses auxiliars sobre la mà d'obra	0,19 €	0,015	0,00 €	
G221_01 - (E)							
	G2211101	m3	Excavació en zona de desmunt, de terreny fluix, amb mitjans mecànics i càrrega sobre camió	2,09 €	(J,MA)		
Codi	U.A.	Definició	Preu	Quantitat	€	Més Info	
	A0140000	h	Manobre	19,47 €	0,01	0,19 €	
	C13113B0	h	Pala carregadora sobre cadenes d'11 a 17 t	86,18 €	0,022	1,90 €	(MA,ON)
	A%AUX001	%	Despeses auxiliars sobre la mà d'obra	0,19 €	0,015	0,00 €	
G221_01 - (E)							
	G2216101	m3	Excavació en zona de desmunt, de terra vegetal, amb mitjans mecànics i càrrega sobre camió	1,92 €	(J,MA)		
Codi	U.A.	Definició	Preu	Quantitat	€	Més Info	
	A0140000	h	Manobre	19,47 €	0,01	0,19 €	
	C13113B0	h	Pala carregadora sobre cadenes d'11 a 17 t	86,18 €	0,02	1,72 €	(MA,ON)
	A%AUX001	%	Despeses auxiliars sobre la mà d'obra	0,19 €	0,015	0,00 €	



UNIV
DE C
BARC

Campus d'Experiència Internacional

COSTOS OPERACIÓ: TRANSPORT

<http://www.itec.cat/nouBedec.c/bedec.aspx>

	G242B01A	m3	Càrrega amb mitjans mecànics i transport de roca per a reutilitzar en obra, amb dúmper extravial, amb un recorregut de fins a 20 km	4,24 €	(J,MA)		
Codi	U.A	Definició		Preu	Quantitat	€	Més Info
	C13124C0	h	Pala excavadora giratoria sobre cadenes de 31 a 40 t	145,06 €	0,0082	1,19 €	(MA,ON)
	C1507M00	h	Dúmper extravial, de 32 t de càrrega útil	92,47 €	0,033	3,05 €	(MA,ON)
	G242201A	m3	Càrrega amb mitjans mecànics i transport de terres per a reutilitzar en obra, amb dúmper extravial, amb un recorregut de fins a 20 km	3,50 €	(J,MA)		
Codi	U.A	Definició		Preu	Quantitat	€	Més Info
	C13124C0	h	Pala excavadora giratoria sobre cadenes de 31 a 40 t	145,06 €	0,0069	1,00 €	(MA,ON)
	C1507M00	h	Dúmper extravial, de 32 t de càrrega útil	92,47 €	0,027	2,50 €	(MA,ON)
	G241B01A	m3	Transport de roca per a reutilitzar en obra, amb dúmper extravial i temps d'espera per a la càrrega amb mitjans mecànics, amb un recorregut de menys de 20 km	3,05 €	(J,MA)		
Codi	U.A	Definició		Preu	Quantitat	€	Més Info
	C1507M00	h	Dúmper extravial, de 32 t de càrrega útil	92,47 €	0,033	3,05 €	(MA,ON)
	G241201A	m3	Transport de terres per a reutilitzar en obra, amb dúmper extravial i temps d'espera per a la càrrega amb mitjans mecànics, amb un recorregut de menys de 20 km	2,50 €	(J,MA)		
Codi	U.A	Definició		Preu	Quantitat	€	Més Info
	C1507M00	h	Dúmper extravial, de 32 t de càrrega útil	92,47 €	0,027	2,50 €	(MA,ON)



UNIV
DE C
BARC

ACTUALITZACIÓ DE COSTOS

Relació utilitzada per estimar els costos d'inversió o operació a partir de dades antigues.

$$\text{Cost actual} = \text{Cost antic} \frac{\text{Índex de cost actual}}{\text{Índex de cost antic}}$$

Error de 10%, podent ser menor si el desfase és menor de 5 anys.



ÍNDEX ACTUALITZACIÓ DE COSTOS

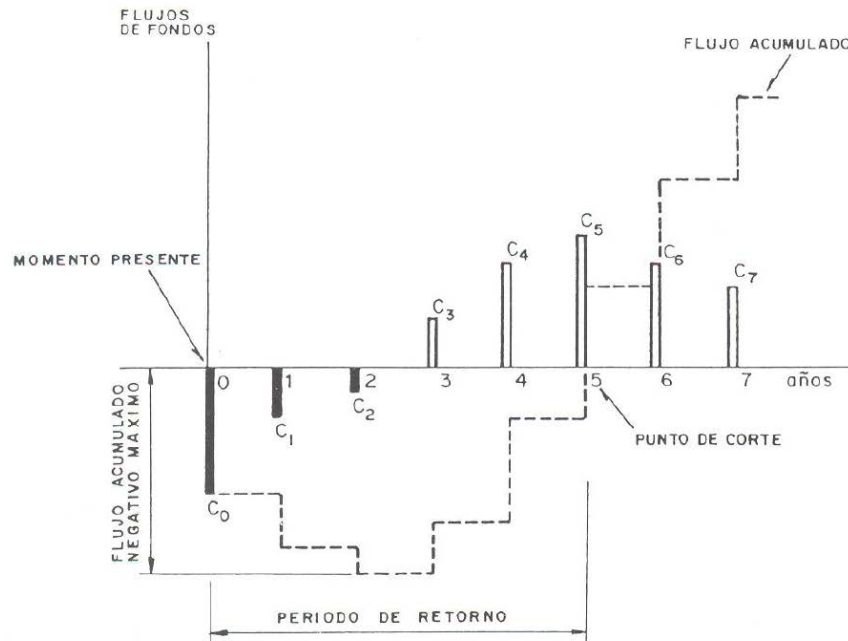
Any	Chemical Eng. Plant. (CEP)	Marshall & Swift (M&S)	Marshall & Swift mining-milling cost index
1979	238,7	599,4	235,3
1980	261,2	659,6	289,4
1981	297,0	721,3	349,6
1982	314,0	745,6	411,3
1983	316,9	760,0	
1984	322,7	780,4	
1985	325,3	789,6	
1986	318,4	797,6	
1987	323,8	813,6	
1988	342,5	852,0	
1989	355,4	895,1	911,9
1990	357,6	915,1	915,1
1991	361,3	930,6	959,8
1992	358,2	943,1	975,8
1993	359,2	964,2	999,1
1994	368,1	993,4	1028,1
1995	381,1	1027,5	1057,8
1996	381,7	1039,1	1072,3
1997	386,5	1056,8	1089,2
1998	389,5	1061,9	1097,4
1999	390,6	1068,3	1106,3
2000	394,1	1089,0	
2001	394,3	1093,9	
2002	395,6	1104,2	
2003	402,0	1123,6	
2004	444,2	1178,5	
2005	468,2	1244,5	
2006	499,6	1302,3	
2007	525,4	1373,3	
2008	575,4	1449,3	
2009	521,9	1468,6	
2010	550,8	1457,4	
2011	585,7	1503,2	
2012		1545,9	



AVALUACIÓ DE PROJECTES

PERIODE DE RETORN – PAYBACK TIME

És el temps que estem a recuperar la inversió inicial en els fluxs anuals.



AVALUACIÓ DE PROJECTES

VAN (valor actual net - *net present value* NPV)

El valor actual net, també conegut amb les sigles VAN, és un mètode de selecció d'inversions de tipus dinàmic. Per definir el Valor actual net, es parteix d'un projecte d'inversió amb la següent estructura:

-I F1 F2 F3 ... Fn

On:

-I és el desemborsament inicial

Fi són els fluxos nets de caixa del projecte o NCF per cada any del projecte.

Aleshores, el valor actual net és el resultat de calcular l'operació següent:

$$VAN = -I + \sum_{n=1}^n \frac{NCF_n}{(1+i)^n}$$

A la fórmula, i és la taxa d'actualització o de descompte. És un valor donat, que pot ser el tipus d'interès de mercat o el cost d'oportunitat del capital.



AVALUACIÓ DE PROJECTES

Valor	Significat	Decisió a prendre
$VAN > 0$	La inversió produiria guanys per sobre de la rendibilitat exigida (i)	El projecte pot acceptar-se
$VAN < 0$	La inversió produiria pèrdues per sota de la rendibilitat exigida (i)	El projecte s'hauria de rebutjar
$VAN = 0$	La inversió no produiria ni guanys ni pèrdues.	Atès que el projecte no afegeix valor monetari per sobre de la rendibilitat exigida (i), la decisió s'hauria de basar en altres criteris, com l'obtenció d'un millor posicionament en el mercat o altres factors

En cas de comparar diferents projectes d'inversió, serà més aconsellable realitzar aquell projecte que tingui un VAN major.

El valor actual net és molt important per a la valoració d'inversions en actius fixos, malgrat les seves limitacions a considerar circumstàncies imprevistes o excepcionals de mercat. Si el seu valor és major a zero, el projecte és rendible, considerant-se el valor mínim de rendiment per a la inversió.



AVALUACIÓ DE PROJECTES

Taxa interna de rendibilitat o Taxa interna de retorn (TIR) - *Internal rate of return (IRR)*

La taxa interna de rendibilitat (TIR) és aquella taxa d'interès «i» que fa que el valor actual net (VAN) d'un projecte d'inversió sigui igual a 0.

$$0 = -I + \sum_{n=1}^n \frac{NCF_n}{(1+i)^n}$$

TIR és una mesura molt popular de selecció d'inversions.

Se l'anomena rendibilitat al venciment perquè permet comparar entre diferents projectes d'inversió de durada -venciment- diferent, determinant una mesura estàndard que informa de quina serà la rendibilitat al final del projecte, al venciment.

La denominació «interna» es refereix a la seva principal virtut, i alhora limitació, doncs es refereix a que no té en compte factors externs (p.e., el tipus d'interès oficial -cost d'oportunitat del capital- o la inflació).



EXERCICI 1:

Dades:

Jaciment de coure amb les lleis mitges indicades a cada bloc en % de coure.

Cada bloc correspon a 1 milió de tones.

Cost explotació: 2 \$/t

Cost processament: 4 \$/t

Cost fundació: 600 \$/t de Cu fos

Cost refinament: 250 \$/t de Cu refinat

Preu coure: 2000\$/t

0,6%	0,6%	0,9%	0,3%	1,0%	0,5%	0,3%	0,7%	0,5%	0,4%
0,6%	0,7%	0,8%	0,3%	0,6%	0,9%	1,5%	1,9%	1,5%	2,0%
1,8%	2,6%	2,0%	2,5%	2,5%	2,5%	2,0%	2,6%	2,5%	2,5%



Preguntes:

1. Tonatge total:

$$30 \text{ blocs} * 1 \text{ milió t/bloc} = 30 \text{ milions t}$$

2. Llei mitja:

$$(\text{Llei del bloc}) * (\text{t del bloc}) / (\text{t total}) * 100 = 1.34 \% \text{ Cu}$$

3. Benefici total jaciment, explotant tot:

Benefici = Preu concentrat – cost extracció i processament

$$\text{Benefici} = (30 \text{ MMt} * 1.34\% * 90\% * (2000 - 250 - 600) \$ / \text{tCu}) - (30 \text{ MMt} * (2 + 4) \$ / \text{t}) = 235 \text{ milions } \$$$

4. Llei de tall – cut-off:

$$Llei \ de \ tall = \frac{\text{Costos imputats a mineral (mina i processament)} \left[\frac{\text{€}}{\text{kg tot} - \text{ú}} \right]}{\left\{ \text{Preu producte vendible} \left[\frac{\text{€}}{\text{kg min recuperat}} \right] - \text{costos fundició i refinament} \right\} * \text{rendiments} \left[\frac{\text{kg min recuperat}}{\text{kg min}} \right]}$$

$$Cut - off = \frac{2 + 4}{[2000 - 250 - 600] * 0.9} = 0.58\%$$

5. Blocs amb llei inferior a cut-off 0.58%: 6

0,6%	0,6%	0,9%	0,3%	1,0%	0,5%	0,3%	0,7%	0,5%	0,4%
0,6%	0,7%	0,8%	0,3%	0,6%	0,9%	1,5%	1,9%	1,5%	2,0%
1,8%	2,6%	2,0%	2,5%	2,5%	2,5%	2,0%	2,6%	2,5%	2,5%

6. Tonatge d'aquest 6 blocs: $6 * 1$ milió t/bloc = 6 milions t

7. Tonatge sobre cut-off= 24 milions t

8. Llei mitja sobre nou tonatge (24 blocs):

$$(\text{Llei del bloc}) * (\text{t del bloc}) / (\text{t total}) = 1.58 \% \text{ Cu}$$

9. Nou benefici de la zona per sobre cut-off:

$$\text{Benefici} = (24 \text{ MMt} * 1.58\% * 90\% * (2000 - 250 - 600) \$ / \text{tCu}) - (24 \text{ MMt} * (2 + 4) \$ / \text{t}) = 247 \text{ milions } \$$$



EXERCICI 2:

Exercici 2:

Massa bloc: 1 milió t
 Cost explotació: 2 \$/t roca
 Cost processament: 4 \$/t mineral
 Cost fundació: 600 \$/t Cu fos
 Cost refinament: 250 \$/t Cu refinat
 Preu coure: 2500 \$/t Cu
 Recuperació: 90%
 Profundització per any 50 m/any
 Llei blocs en % coure:

SUPERFÍCIES

	0,5%	1,0%	0,5%	0,5%	1,0%									
100 m		1,0%	0,5%	0,5%	1,5%	0,5%								
200 m			1,5%	0,5%	0,5%	1,0%	2,0%							
300 m				1,0%	0,5%	0,5%	1,5%	0,5%	1,0%	2,0%				
400 m						0,5%	0,5%	1,0%	0,5%	1,5%				
500 m							0,5%	1,0%	0,5%	0,5%	1,0%	2,0%		
									1,5%	0,5%	0,5%	1,0%	2,0%	
										1,5%	0,5%	0,5%	1,0%	2,0%
											0,5	1,0%		
												1	0,5	



Evolució per FASES:				RATI DECREIXENT										
SUPERFÍCIES	Fase 1 (100 m)		Fase 2		Fase 3		Fase 4		Fase 5		Fase 6		Fase 7 (100 m)	
	1%	1%	1%	1%	1%									
100 m		1%	1%	1%	2%	1%								
200 m			2%	1%	1%	1%	2%							
300 m					2%	1%	1%	1%	2%					
400 m								1%	1%	1%	1%	1%		
500 m									2%	1%	1%	1%		
										1%	1%	1%		

SUPERFÍCIES	Benefici per bloc:		milions \$		Per bloc amb mineral:		Per bloc amb estèril:															
					[[1 milió t al bloc]*(llei bloc)*(recuperació)*(2500-250-600)preu mineral concentrat] - [(1 milió t per bloc)*(cost extracció) + ((1 milió t per bloc)*(cost processament mineral))]		[[1 milió t per bloc]*(cost extracció)]															
	Fase 1 (100 m)		Fase 2		Fase 3		Fase 4		Fase 5		Fase 6		Fase 7 (100 m)		Fase 8		Fase 9		Fase 10		Fase 11	
100 m	1,4	8,9	1,4	1,4	8,9	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0
200 m	-2,0	8,9	1,4	1,4	16,3	1,4	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0
300 m	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	8,9	1,4	1,4	16,3	1,4	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0
400 m	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	16,3	1,4	1,4	8,9	23,7	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0
500 m	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	16,3	1,4	1,4	8,9	23,7	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0
	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	16,3	1,4	8,9	23,7	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0
	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	16,3	1,4	8,9	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0
	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	1,4	8,9	1,4	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0
	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0



Extracció per anys: 2 blocs horitzontals.

ANYS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Fase 1	10,3																						
Fase 2		2,9	10,3																				
Fase 3				6,9	17,7	17,7																	
Fase 4					-4,0	-0,6	10,3	10,3															
Fase 5							-4,0	-4,0	21,7	17,7	17,7												
Fase 6								-4,0	-4,0	-0,6	10,3	2,9											
Fase 7									-4,0	-4,0	-4,0	-4,0	10,3	10,3									
Fase 8										-4,0	-4,0	-4,0	-4,0	-4,0	14,3	2,9	17,7						
Fase 9											-4,0	-4,0	-4,0	-4,0	-4,0	6,9	10,3	17,7					
Fase 10												-4,0	-4,0	-4,0	-4,0	-4,0	-4,0	21,7	10,3	10,3			
Fase 11													-4,0	-4,0	-4,0	-4,0	-4,0	-4,0	-4,0	-4,0	-4,0	-4,0	-0,6

Càlcul del VAN per fase separatament, cada fase comença a l'any 1 i és independent de la resta com una inversió separada.

$$i = 0,1$$

milions \$	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4	Fase 5	Fase 6	Fase 7	Fase 8	Fase 9	Fase 10	Fase 11
VAN	9,3	11,1	34,2	10,6	32,4	-2,4	11,9	2,6	-1,6	-1,0	-24,8

$$VAN_{FASE 4} = \frac{-4,0}{(1+0,1)^1} + \frac{-0,6}{(1+0,1)^2} + \frac{10,3}{(1+0,1)^3} + \frac{10,3}{(1+0,1)^4}$$

$$VAN_{FASE 6} = \frac{-4,0}{(1+0,1)^1} + \frac{-4,0}{(1+0,1)^2} + \frac{-4,0}{(1+0,1)^3} + \frac{-0,6}{(1+0,1)^4} + \frac{10,3}{(1+0,1)^5} + \frac{2,9}{(1+0,1)^6}$$

N és l'any

i és l'interès considerat

- VAN>0 el que em dona de més respecte al posar en un dipòsit a un interès i.
- VAN<0 el que em dona de menys respecte de posar en un dipòsit a un interès i.
- VAN=0 igual a posar en un dipòsit a un interès i.

$$VAN = \sum_{n=1}^n \frac{NCF}{(1+i)^n}$$

TRI és l'interès que fa VAN=0.

EXPLOTARÍEM FINS A LA FASE 7, LA FASE 8 EL VAN ÉS PETIT I LA 9 JA SURT NEGATIU.

Cota final explotació 350 m



EXERCICI 3:

Producció
Recorregut mig MINERAL I ESTÈRIL

X = 50000 tc/d
9000 peus = 2743,2 m

$$H_d = 145 \cdot X^{0.357} \quad (10)$$

Recorregut mig Hd = 6900,813554 peus
f = d = recorregut mig - Hd 2099,186446 peus

Taula 9. Mina a cel obert (20.000-200.000 t/d) considerant el recorregut del transport.

Categoria	Capital cost + factor de recorregut \$	
Mà d'obra	$405(X)^{0.890} + 43,400 + (f/1000)$	\$6.250.503,53
Equips	$2,070(X)^{0.913} + 527,000(f/1000)$	\$41.482.891,15
Acer	$36.7(X)^{0.955} + 2,100(f/1000)$	\$1.132.079,31
Combustible	$22.3(X)^{0.978} + 25,300(f/1000)$	\$931.924,55
Lubricant	$10.1(X)^{0.936} + 7,300(f/1000)$	\$267.996,17
Explosius	$30.2(X)^{0.941}$	\$797.512,90
Pneumàtics	$0.590(X)^{1.228} + 10,000(f/1000)$	\$368.677,84
Material de construcció	$51.8(X)^{0.965} + 53,900(f/1000)$	\$1.886.665,02
Impost sobre les vendes	$128(X)^{0.919} + 35,600(f/1000)$	\$2.738.910,06
Total	$2,670(X)^{0.917} + 704,600(f/1000)$	\$55.862.536,80
Categoria	Operatiu cost + factor de recorregut, \$/tc	
Mà d'obra	$21.5(X)^{-0.379} + 0.011(f/1000)$	\$0,38 /tc
Equips	$0.840(X)^{-0.128} + 0.004(f/1000)$	\$0,22 /tc
Acer	$0.022(X)^{0,0}$	\$0,02 /tc
Combustible	$0.406(X)^{-0.103} + 0.004(f/1000)$	\$0,14 /tc
Lubricant	$0.084(X)^{-0.065} + 0.001(f/1000)$	\$0,04 /tc
Explosius	$0.147(X)^{0,0}$	\$0,15 /tc
Pneumàtics	$0.00015(X)^{-0.546} + 0.004(f/1000)$	\$0,01 /tc
Material de construcció	$0.034(X)^{0,0}$	\$0,03 /tc
Impost sobre les vendes	$0.028(X)^{0,0}$	\$0,03 /tc
Total	$5.14(X)^{-0.148} + 0.024(f/1000)$	\$1,09 /tc

f = recorregut mig, en peus (vegeu equació 10)

X = capacitat de la mina de tones de mineral i estèril per dia

EXERCICI 4:

NCF – pre-producció

Descripció:

1. Any del projecte	Mesure relativa de temps.
2. Any del calendari	Mesura d'anys reals a efectes de tributs, drets, ...
3. Despeses de capital:	
4. Adquisició de propietats	Terrenys bàsicament.
5. Drets i permisos	Taxes associades als compres de terrenys i permisos.
6. Exploració	Costos exploració, sota control de l'administració.
7. Desenvolupament	Preparació general del lloc de la mina, pre-producció (descobrimet) i preparació del lloc de planta.
8. Edificis	Excavació i fonamentació per edificis de manteniment mina, planta, stocks, serveis generals, abocador, suministrament aigua.
9. Equipament mina/planta	Equipament mina, fragmentació, separació, filtració, instal·lació elèctrica.
10. Contribucions per propietat	Impost depenent del país on situem la mina.
11. Capital d'explotació.	Diner de caixa necessari per operació.
12. Total despeses de capital	
13. Efectiu generat per estalvi fiscal	
14. Per inversió en exploració	
15. Per inversió en desenvolupament	Estalvis fiscals per legislació pròpia del país.
16. Per depreciació equips	
17. Per pagaments de taxes de propietats	
18. Total efectiu generat	
19. NET CASH FLOW	Diferència entre cobraments i pagaments per període.

Cas real de Suriel al 1984, amb legislació per localitzat a l'estat de Colorado US, any 1983.

1. Any del projecte	1	2	3	4	5	6	7	
2. Any del calendari	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	
3. Despeses de capital:								TOTALS
4. Adquisició de propietats	\$ -	\$ 2.000.000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 2.000.000
5. Drets i permisos	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
6. Exploració	\$ 1.500.000	\$ 1.000.000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 2.500.000
7. Desenvolupament	\$ -	\$ -	\$ 3.330.000	\$ 9.842.000	\$ 9.842.000	\$ 9.842.000	\$ 9.842.000	\$ 42.698.000
8. Edificis	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 4.836.000	\$ 13.057.000	\$ 1.711.000	\$ 9.948.000	\$ 29.552.000
9. Equipament mina/planta	\$ -	\$ -	\$ 10.000.000	\$ -	\$ 9.981.000	\$ 25.295.000	\$ 2.999.000	\$ 48.275.000
10. Contribucions per propietat	\$ -	\$ -	\$ 255.000	\$ 378.000	\$ 965.000	\$ 1.654.000	\$ 1.985.000	\$ 5.237.000
11. Capital d'explotació.	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 8.353.000	\$ 8.353.000
12. Total despeses de capital	\$ 1.500.000	\$ 3.000.000	\$ 13.585.000	\$ 15.056.000	\$ 33.845.000	\$ 38.502.000	\$ 33.127.000	\$ 138.615.000
13. Efectiu generat per estalvi fiscal								
14. Per inversió en exploració	\$ 690.000	\$ 460.000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 1.150.000
15. Per inversió en desenvolupament	\$ -	\$ -	\$ 1.531.800	\$ 4.527.320	\$ 4.527.320	\$ 4.527.320	\$ 4.527.320	\$ 19.641.080
16. Per depreciació equips	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 920.000	\$ 920.000	\$ 920.000	\$ 920.000	\$ 3.680.000
17. Per pagaments de taxes de propietats	\$ -	\$ -	\$ 117.000	\$ 150.000	\$ 397.000	\$ 690.000	\$ 819.000	\$ 2.173.000
18. Total efectiu generat	\$ 690.000	\$ 460.000	\$ 1.648.800	\$ 5.597.320	\$ 5.844.320	\$ 6.137.320	\$ 6.266.320	\$ 26.644.080
19. NET CASH FLOW	\$ -810.000	\$ -2.540.000	\$ -11.936.200	\$ -9.458.680	\$ -28.000.680	\$ -32.364.680	\$ -26.860.680	\$ -111.970.920

EXERCICI 4:

NCF – producció

Cas real de Surief al 1984, amb legislació per localitzat a l'estat de Colorado US, any 1983.

1. Any del projecte	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	TOTALS
2. Any de producció	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
3. Any del calendari	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	
INGRESSOS																
4. Ingressos vendes	\$ 82.742.000	\$ 82.742.000	\$ 82.742.000	\$ 82.742.000	\$ 82.742.000	\$ 82.742.000	\$ 82.742.000	\$ 82.742.000	\$ 82.742.000	\$ 82.742.000	\$ 82.742.000	\$ 82.742.000	\$ 82.742.000	\$ 82.742.000	\$ 82.742.000	\$ 1.241.130.000
5. Drets i permisos	\$ 4.137.000	\$ 4.137.000	\$ 4.137.000	\$ 4.137.000	\$ 4.137.000	\$ 4.137.000	\$ 4.137.000	\$ 4.137.000	\$ 4.137.000	\$ 4.137.000	\$ 4.137.000	\$ 4.137.000	\$ 4.137.000	\$ 4.137.000	\$ 4.137.000	\$ 62.065.000
6. Ingressos nets	\$ 78.605.000	\$ 78.605.000	\$ 78.605.000	\$ 78.605.000	\$ 78.605.000	\$ 78.605.000	\$ 78.605.000	\$ 78.605.000	\$ 78.605.000	\$ 78.605.000	\$ 78.605.000	\$ 78.605.000	\$ 78.605.000	\$ 78.605.000	\$ 78.605.000	\$ 1.179.075.000
COSTOS																
7. Cost explotació	\$ 9.363.000	\$ 9.363.000	\$ 9.363.000	\$ 9.363.000	\$ 9.363.000	\$ 9.363.000	\$ 9.363.000	\$ 9.363.000	\$ 9.363.000	\$ 9.363.000	\$ 9.363.000	\$ 9.363.000	\$ 9.363.000	\$ 9.363.000	\$ 9.363.000	\$ 140.445.000
8. Cost processament	\$ 13.249.000	\$ 13.249.000	\$ 13.249.000	\$ 13.249.000	\$ 13.249.000	\$ 13.249.000	\$ 13.249.000	\$ 13.249.000	\$ 13.249.000	\$ 13.249.000	\$ 13.249.000	\$ 13.249.000	\$ 13.249.000	\$ 13.249.000	\$ 13.249.000	\$ 198.735.000
9. Costos generals	\$ 4.600.000	\$ 4.600.000	\$ 4.600.000	\$ 4.600.000	\$ 4.600.000	\$ 4.600.000	\$ 4.600.000	\$ 4.600.000	\$ 4.600.000	\$ 4.600.000	\$ 4.600.000	\$ 4.600.000	\$ 4.600.000	\$ 4.600.000	\$ 4.600.000	\$ 69.000.000
10. Contribucions per propietat	\$ 6.888.000	\$ 6.888.000	\$ 6.888.000	\$ 6.888.000	\$ 6.888.000	\$ 6.888.000	\$ 6.888.000	\$ 6.888.000	\$ 6.888.000	\$ 6.888.000	\$ 6.888.000	\$ 6.888.000	\$ 6.888.000	\$ 6.888.000	\$ 6.888.000	\$ 103.320.000
11. Impost d'explotació	\$ 1.030.000	\$ 1.030.000	\$ 1.030.000	\$ 1.030.000	\$ 1.030.000	\$ 1.030.000	\$ 1.030.000	\$ 1.030.000	\$ 1.030.000	\$ 1.030.000	\$ 1.030.000	\$ 1.030.000	\$ 1.030.000	\$ 1.030.000	\$ 1.030.000	\$ 15.450.000
12. Amortització (perdua de valor d'equips per ús)	\$ 8.346.000	\$ 8.346.000	\$ 8.346.000	\$ 8.346.000	\$ 8.346.000	\$ 8.346.000	\$ 8.346.000	\$ 2.878.000	\$ 2.878.000	\$ 2.878.000	\$ 2.878.000	\$ 2.878.000	\$ 2.878.000	\$ 2.878.000	\$ 2.878.000	\$ 81.446.000
13. Impostos estatals	\$ 1.756.000	\$ 1.756.000	\$ 1.756.000	\$ 1.756.000	\$ 1.756.000	\$ 1.756.000	\$ 1.756.000	\$ 2.030.000	\$ 2.030.000	\$ 2.030.000	\$ 2.030.000	\$ 2.030.000	\$ 2.030.000	\$ 2.030.000	\$ 2.030.000	\$ 28.532.000
Total costos	\$ 45.232.000	\$ 45.232.000	\$ 45.232.000	\$ 45.232.000	\$ 45.232.000	\$ 45.232.000	\$ 45.232.000	\$ 40.038.000	\$ 40.038.000	\$ 40.038.000	\$ 40.038.000	\$ 40.038.000	\$ 40.038.000	\$ 40.038.000	\$ 40.038.000	\$ 636.928.000
14. Ingressos nets menys costos	\$ 33.373.000	\$ 33.373.000	\$ 33.373.000	\$ 33.373.000	\$ 33.373.000	\$ 33.373.000	\$ 33.373.000	\$ 38.567.000	\$ 38.567.000	\$ 38.567.000	\$ 38.567.000	\$ 38.567.000	\$ 38.567.000	\$ 38.567.000	\$ 38.567.000	\$ 542.147.000
15. Factor esgotament (desgravació legal)	\$ 14.793.000	\$ 17.293.000	\$ 17.293.000	\$ 17.293.000	\$ 17.293.000	\$ 17.293.000	\$ 17.293.000	\$ 17.293.000	\$ 17.293.000	\$ 17.293.000	\$ 17.293.000	\$ 17.293.000	\$ 17.293.000	\$ 17.293.000	\$ 17.293.000	\$ 256.895.000
16. Base imposable = (14)-(15)	\$ 18.580.000	\$ 16.080.000	\$ 16.080.000	\$ 16.080.000	\$ 16.080.000	\$ 16.080.000	\$ 16.080.000	\$ 21.274.000	\$ 21.274.000	\$ 21.274.000	\$ 21.274.000	\$ 21.274.000	\$ 21.274.000	\$ 21.274.000	\$ 21.274.000	\$ 285.252.000
17. Impost federal	\$ 8.546.800	\$ 7.396.800	\$ 7.396.800	\$ 7.396.800	\$ 7.396.800	\$ 7.396.800	\$ 7.396.800	\$ 9.786.040	\$ 9.786.040	\$ 9.786.040	\$ 9.786.040	\$ 9.786.040	\$ 9.786.040	\$ 9.786.040	\$ 9.786.040	\$ 131.215.920
18. BENEFICI = (16)-(17)	\$ 10.033.200	\$ 8.683.200	\$ 8.683.200	\$ 8.683.200	\$ 8.683.200	\$ 8.683.200	\$ 8.683.200	\$ 11.487.960	\$ 11.487.960	\$ 11.487.960	\$ 11.487.960	\$ 11.487.960	\$ 11.487.960	\$ 11.487.960	\$ 11.487.960	\$ 154.036.080
19. Amortització =(12)	\$ 8.346.000	\$ 8.346.000	\$ 8.346.000	\$ 8.346.000	\$ 8.346.000	\$ 8.346.000	\$ 8.346.000	\$ 2.878.000	\$ 2.878.000	\$ 2.878.000	\$ 2.878.000	\$ 2.878.000	\$ 2.878.000	\$ 2.878.000	\$ 2.878.000	\$ 81.446.000
20. Factor esgotament =(15)	\$ 14.793.000	\$ 17.293.000	\$ 17.293.000	\$ 17.293.000	\$ 17.293.000	\$ 17.293.000	\$ 17.293.000	\$ 17.293.000	\$ 17.293.000	\$ 17.293.000	\$ 17.293.000	\$ 17.293.000	\$ 17.293.000	\$ 17.293.000	\$ 17.293.000	\$ 256.895.000
21. CASH FLOW =(18)+(19)+(20)	\$ 33.172.200	\$ 34.322.200	\$ 34.322.200	\$ 34.322.200	\$ 34.322.200	\$ 34.322.200	\$ 34.322.200	\$ 31.658.960	\$ 31.658.960	\$ 31.658.960	\$ 31.658.960	\$ 31.658.960	\$ 31.658.960	\$ 31.658.960	\$ 31.658.960	\$ 492.377.080
22. Despeses de capital	\$ 7.000.000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 7.000.000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 7.000.000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 21.000.000
23. Capital d'explotació	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 8.353.000
19. NET CASH FLOW=(21)-(22)-(23)	\$ 26.172.200	\$ 34.322.200	\$ 34.322.200	\$ 34.322.200	\$ 34.322.200	\$ 27.322.200	\$ 34.322.200	\$ 31.658.960	\$ 31.658.960	\$ 31.658.960	\$ 24.658.960	\$ 31.658.960	\$ 31.658.960	\$ 31.658.960	\$ 23.305.960	\$ 463.024.080

Desgravació fiscal per esgotament del recurs (US)

Percentatge dels seus ingressos bruts que es pot deduir com esgotament, depèn del tipus de dipòsit.

DEPÒSITS	TAXA
Sofre , urani , i , si a partir de dipòsits als Estats Units , l'asbest , mineral de plom , mineral de zinc , mineral de níquel , i mica	22%
Or , plata , coure , mineral de ferro i petroli d'esquist cert , si dels dipòsits als Estats Units	15%
Bòrax , granit , pedra calcària , marbre , petxines de mol · luscus , potassa , pissarra , pedra de sabó , i diòxid de carboni produït a partir d'un pou	14%
El carbó , el lignit , i clorur de sodi	10%
Argila i pissarra utilitzada o venuda per al seu ús en la fabricació de canonada de clavegueram o maons o usat o venut per al seu ús com a àrids lleugers sinteritzats o cuïts	7½%
Argila utilitzada o venuda per al seu ús en la presa de drenatge i teula , testos i productes afins , i la grava , sorra i pedra (que no sigui de pedra utilitzada o venuda per al seu ús pel propietari d'una mina o un operador com la dimensió o de la pedra ornamental)	5%



EXERCICI 4:

TRI - VAN

ANYS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
NCF (mils d'€)	-300	-670	60	254	318	292	292	292	292	292	292	277,6	270,4	270,4	20,4

CÀLCUL VAN

															VAN (mils d'€)		
i (%) =	15	-300	-582,6	45,369	167,01	181,82	145,18	126,24	109,77	95,455	83,005	72,178	59,668	50,54	43,948	2,8831	315,4519325
	10	-300	-609,1	49,587	190,83	217,2	181,31	164,83	149,84	136,22	123,84	112,58	97,297	86,158	78,325	5,372	694,293076
	5	-300	-638,1	54,422	219,41	261,62	228,79	217,89	207,52	197,64	188,23	179,26	162,31	150,57	143,4	10,303	1288,267808

CÀLCUL TRI

															VAN (mils d'€)		
TRI (%) =	21,1738	-300	-552,9	40,863	142,76	147,5	111,77	92,242	76,124	62,822	51,845	42,785	33,568	26,984	22,269	1,3865	0,00



PLANIFICACIÓ MINERA – MÈTODE ROMAN 1974

Roman va desenvolupar un algoritme per trobar la seqüència òptima d'extracció i el límit òptim.

Cada bloc té tres opcions:

1. Ser minat i processat.
2. Ser minat i portat a abocador.
3. No se minat.

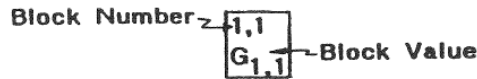
Restriccions del model en la profundització:

1. La pendent sempre ha de ser 1:1
2. Només és pot baixar al nivell inferior per un únic punt.



PLANIFICACIÓ MINERA – MÈTODE ROMAN 1974

1,1	2,1	3,1	4,1	5,1	6,1	7,1	8,1	9,1	10,1	11,1	12,1	13,1
G _{1,1}	G _{2,1}	G _{3,1}	G _{4,1}	G _{5,1}	G _{6,1}	G _{7,1}	G _{8,1}	G _{9,1}	G _{10,1}	G _{11,1}	G _{12,1}	G _{13,1}
1,2	2,2	3,2	4,2	5,2	6,2	7,2	8,2	9,2	10,2	11,2	12,2	13,2
G _{1,2}	G _{2,2}	G _{3,2}	G _{4,2}	G _{5,2}	G _{6,2}	G _{7,2}	G _{8,2}	G _{9,2}	G _{10,2}	G _{11,2}	G _{12,2}	G _{13,2}
1,3	2,3	3,3	4,3	5,3	6,3	7,3	8,3	9,3	10,3	11,3	12,3	13,3
G _{1,3}	G _{2,3}	G _{3,3}	G _{4,3}	G _{5,3}	G _{6,3}	G _{7,3}	G _{8,3}	G _{9,3}	G _{10,3}	G _{11,3}	G _{12,3}	G _{13,3}
1,4	2,4	3,4	4,4	5,4	6,4	7,4	8,4	9,4	10,4	11,4	12,4	13,4
G _{1,4}	G _{2,4}	G _{3,4}	G _{4,4}	G _{5,4}	G _{6,4}	G _{7,4}	G _{8,4}	G _{9,4}	G _{10,4}	G _{11,4}	G _{12,4}	G _{13,4}
1,5	2,5	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5	10,5	11,5	12,5	13,5
G _{1,5}	G _{2,5}	G _{3,5}	G _{4,5}	G _{5,5}	G _{6,5}	G _{7,5}	G _{8,5}	G _{9,5}	G _{10,5}	G _{11,5}	G _{12,5}	G _{13,5}
1,6	2,6	3,6	4,6	5,6	6,6	7,6	8,6	9,6	10,6	11,6	12,6	13,6
G _{1,6}	G _{2,6}	G _{3,6}	G _{4,6}	G _{5,6}	G _{6,6}	G _{7,6}	G _{8,6}	G _{9,6}	G _{10,6}	G _{11,6}	G _{12,6}	G _{13,6}



Definició del bloc en la seva situació:
columna, fila.

Indicació de la llei mitja del bloc.

Figure 6.40. Schematic of the ore deposit showing block numbers and grades (Roman, 1974).

Passar al model econòmic del bloc.
Calcular el valor net del bloc.

1,1	2,1	3,1	4,1	5,1	6,1	7,1	8,1	9,1	10,1	11,1	12,1	13,1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	2	1	1	1	-1	-1	-1
1,2	2,2	3,2	4,2	5,2	6,2	7,2	8,2	9,2	10,2	11,2	12,2	13,2
-1	-1	-2	-2	-2	1	2	3	2	1	-2	-1	-1
1,3	2,3	3,3	4,3	5,3	6,3	7,3	8,3	9,3	10,3	11,3	12,3	13,3
-2	-1	-1	-1	2	4	5	3	2	1	-2	-2	-2
1,4	2,4	3,4	4,4	5,4	6,4	7,4	8,4	9,4	10,4	11,4	12,4	13,4
-4	-3	-2	-2	-2	1	3	4	2	-1	-1	-2	-6
1,5	2,5	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5	10,5	11,5	12,5	13,5
-6	-6	-5	-5	-4	-5	2	3	-2	-2	-3	-4	-5
1,6	2,6	3,6	4,6	5,6	6,6	7,6	8,6	9,6	10,6	11,6	12,6	13,6
-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6

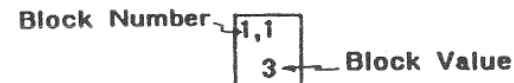


Figure 6.41. Schematic of the ore deposit showing block numbers and block values (Roman, 1974).



PLANIFICACIÓ MINERA – MÈTODE ROMAN 1974

Definim un con flotant amb els mètodes que ja coneixem.
Ara falta decidir la seqüència d'extracció: SEQÜÈNCIA ÒPTIMA.

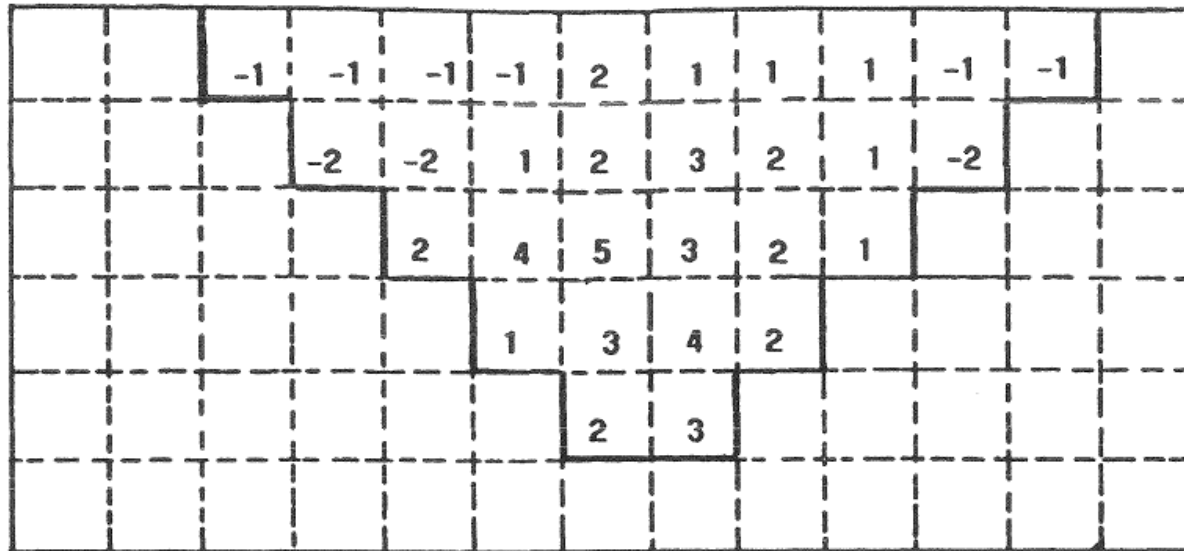


Figure 6.42. Schematic of the ore deposit with the final pit limits as determined using the floating cone superimposed.

PLANIFICACIÓ MINERA – MÈTODE ROMAN 1974

El total de bloc a minar són 36.

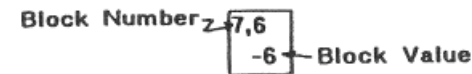
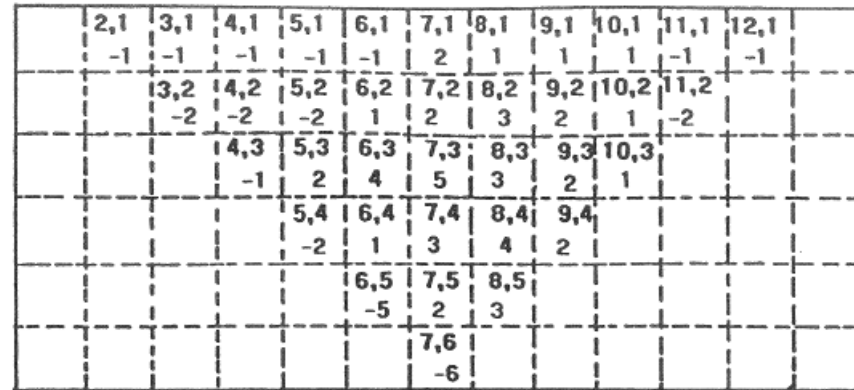


Figure 6.43. Schematic of the ore deposit showing the triangle containing the maximum pit superimposed (Roman, 1974).

Canviem el valor net del bloc pel número que indica la seqüència del minat.

Està clar que el bloc 36 ha de ser el de baix de tot.

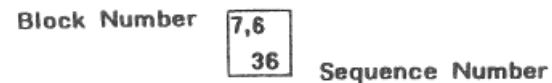
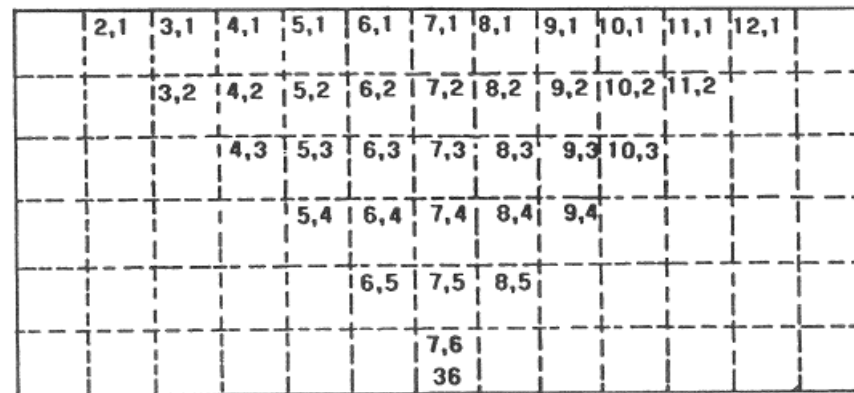


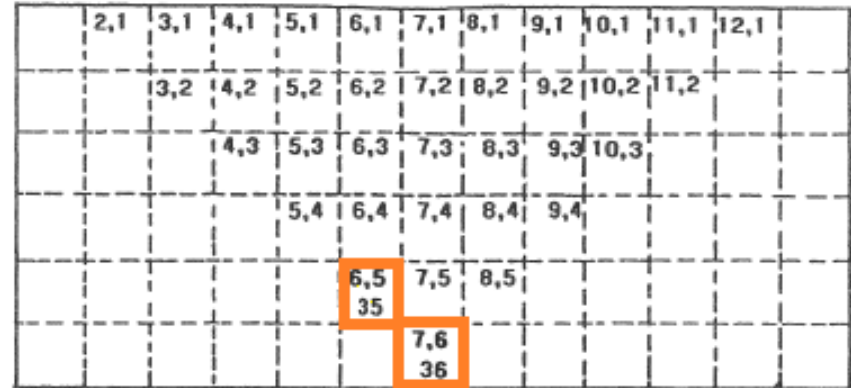
Figure 6.44. Blocks which must be removed prior to mining block 36.



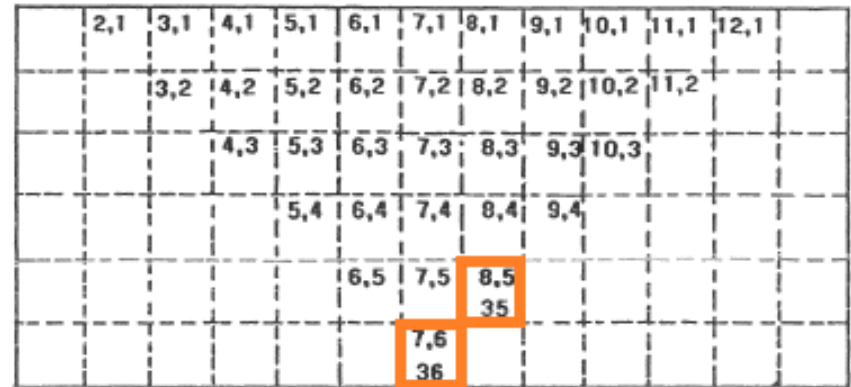
PLANIFICACIÓ MINERA – MÈTODE ROMAN 1974

Tres opcions de minar:

a) Minar: (7,6) → (6,5)

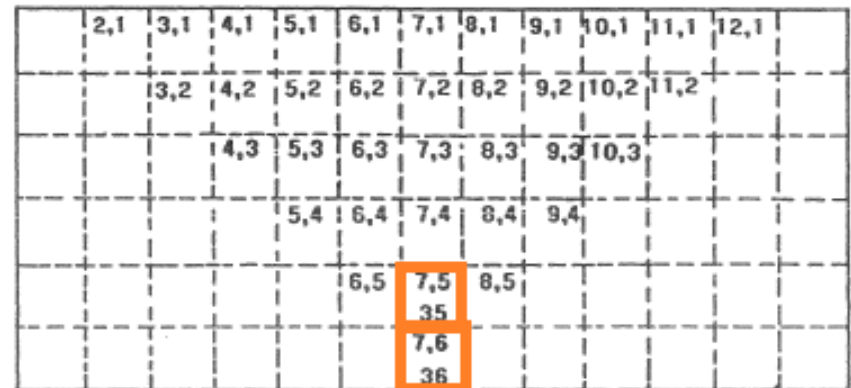


b) Minar: (7,6) → (8,5)



c) Minar: (7,6) → (7,5)

Aquesta no és opció, no compleix amb la restricció 2 per arribar a la fila 5 ja que has hagut de baixar-hi per dos llocs.



PLANIFICACIÓ MINERA – MÈTODE ROMAN 1974

Sobre l'opció a) tenim tres possibilitats:

a) Minar: (7,6) → (6,5) → (7,5)

$$VAN = \frac{-6}{(1+0,1)^3} + \frac{-5}{(1+0,1)^2} + \frac{2}{(1+0,1)^1} = -6,82$$

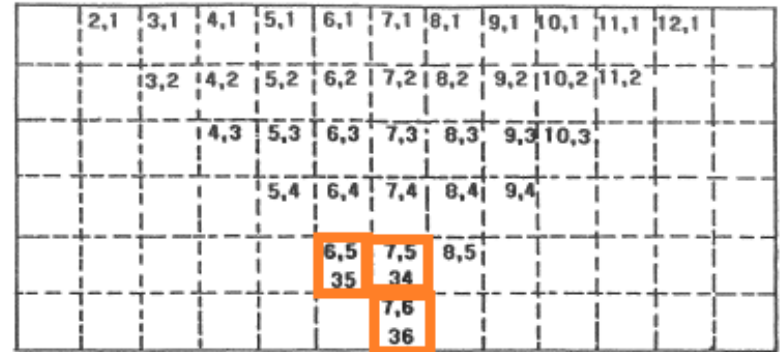
b) Minar: (7,6) → (6,5) → (8,5)

$$VAN = \frac{-6}{(1+0,1)^3} + \frac{-5}{(1+0,1)^2} + \frac{3}{(1+0,1)^1} = -5,91$$

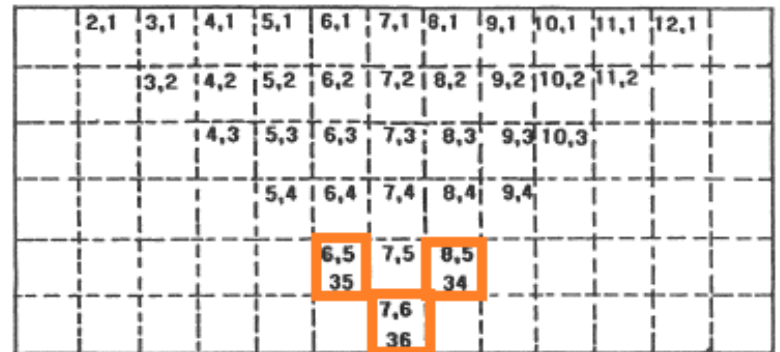
c) Minar: (7,6) → (6,5) → (5,4)

$$VAN = \frac{-6}{(1+0,1)^3} + \frac{-5}{(1+0,1)^2} + \frac{-2}{(1+0,1)^1} = -10,46$$

1.



2.



3.

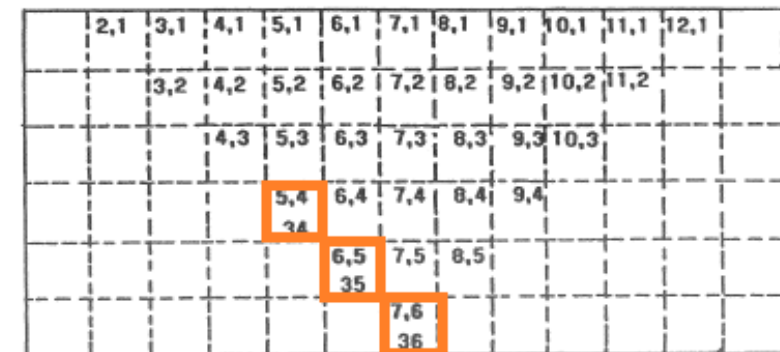


Figure 6.46. Possible sequences for mining blocks 34, 35, and 36.

PLANIFICACIÓ MINERA – MÈTODE ROMAN 1974

Sobre l'opció b) tenim tres possibilitats:

a) Minar: (7,6) → (8,5) → (6,5)

$$VAN = \frac{-6}{(1+0,1)^3} + \frac{3}{(1+0,1)^2} + \frac{-5}{(1+0,1)^1} = -6,57$$

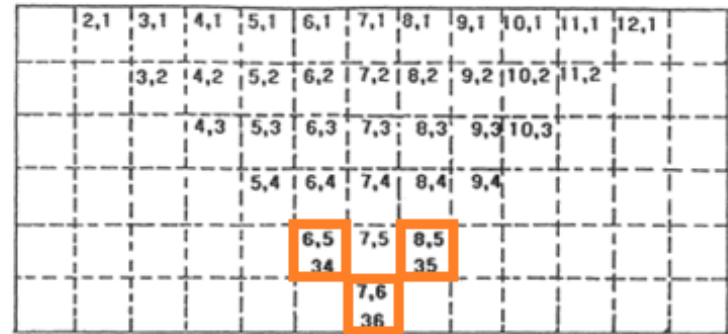
b) Minar: (7,6) → (8,5) → (7,5)

$$VAN = \frac{-6}{(1+0,1)^3} + \frac{3}{(1+0,1)^2} + \frac{2}{(1+0,1)^1} = -0,21$$

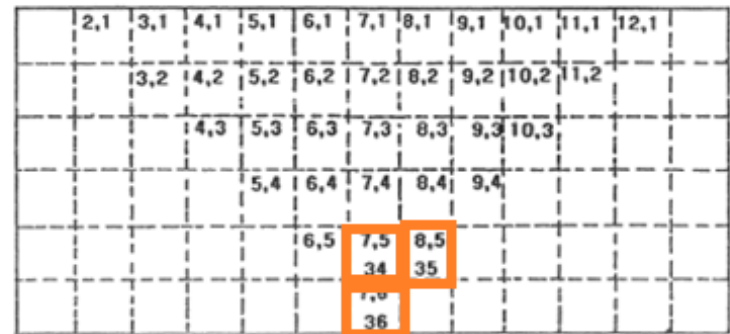
c) Minar: (7,6) → (8,5) → (9,4)

$$VAN = \frac{-6}{(1+0,1)^3} + \frac{3}{(1+0,1)^2} + \frac{2}{(1+0,1)^1} = -0,21$$

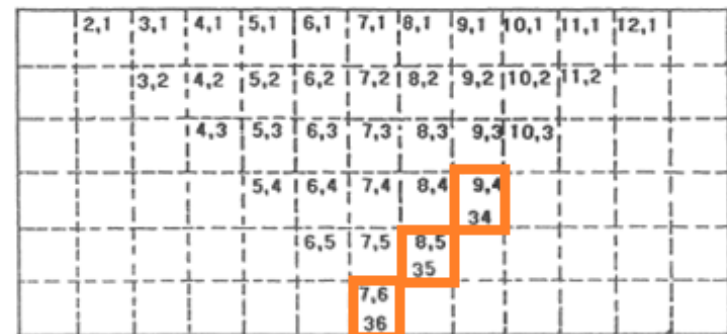
4.



5.



6.



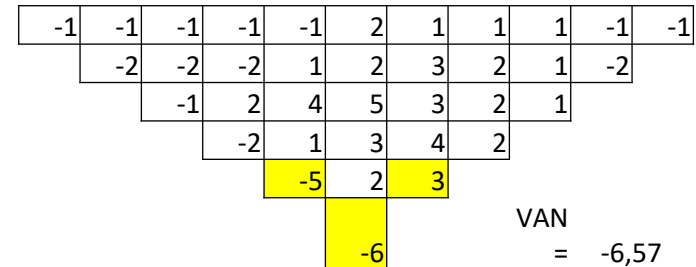
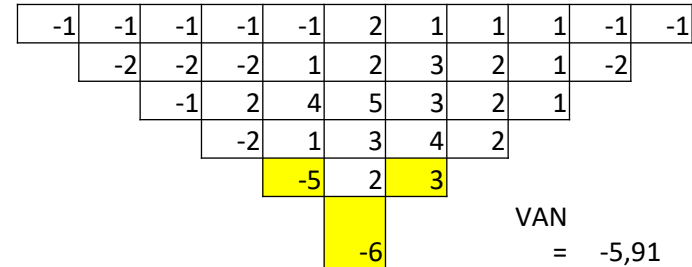
PLANIFICACIÓ MINERA – MÈTODE ROMAN 1974

Hi ha dos possibilitats iguals:

Minar: (7,6) → (6,5) → (8,5)

Minar: (7,6) → (8,5) → (6,5)

Triem la de **major VAN**.



Aleshores les seqüències possibles són:

Sequence	Mining order
1	(7,5) → (6,5) → (7,6)
2	(8,5) → (6,5) → (7,6)
3	(5,4) → (6,5) → (7,6)
4	(7,5) → (8,5) → (7,6)
5	(9,4) → (8,5) → (7,6)

El procés continuaria fins a minar els 36 blocs. Caldria eliminar repeticions.



PLANIFICACIÓ MINERA – MÈTODE ROMAN 1974

Amb totes les seqüències calculem el VAN, i el que resulta més alt aquesta és la SEQÜÈNCIA ÒPTIMA.

Les figures mostren aquest cas: amb el número de seqüència i el número de bloc o bé el valor net del bloc.

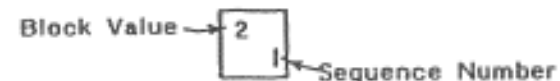
a. Block Number and Sequence

	2,1	3,1	4,1	5,1	6,1	7,1	8,1	9,1	10,1	11,1	12,1	
	31	26	17	10	7	1	2	3	5	13	21	
		3,2	4,2	5,2	6,2	7,2	8,2	9,2	10,2	11,2		
		32	27	18	11	8	4	6	14	22		
			4,3	5,3	6,3	7,3	8,3	9,3	10,3			
			33	28	19	12	9	15	23			
				5,4	6,4	7,4	8,4	9,4				
				34	29	20	16	24				
					6,5	7,5	8,5					
					35	30	25					
						7,6						
						36						



b. Block Value and Sequence

	-1	-1	-1	-1	-1	2	1	1	1	-1	-1	
	31	26	17	10	7	1	2	3	5	13	21	
		-2	-2	-2	1	2	3	2	1	-2		
		32	27	18	11	8	4	6	14	22		
			-1	2	4	5	3	2	1			
			33	28	19	12	9	15	23			
				-2	1	3	4	2				
				34	29	20	16	24				
					-5	2	3					
					35	30	25					
						-6						
						36						



PLANIFICACIÓ MINERA – MÈTODE ROMAN 1974

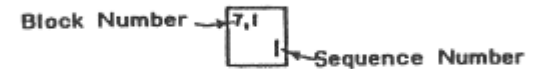
Determinació del límit òptim

Exemple:

Tenim un bloc flotant i volem avaluar si aquest és el pit òptim.

a. Block Number and Sequence

		3,1	4,1	5,1	6,1	7,1	8,1	9,1	10,1	11,1	12,1		
		26	17	10	7	1	2	3	5	13	21		
		4,2	5,2	6,2	7,2	8,2	9,2	10,2	11,2	22			
		27	18	11	8	4	6	14					
			5,3	6,3	7,3	8,3	9,3	10,3					
			28	19	12	9	15	23					
				6,4	7,4	8,4	9,4						
				29	20	16	24						
					7,5	8,5							
					30	25							



b. Block Value and Sequence

		-1	-1	-1	-1	2	1	1	1	-1	-1		
		26	17	10	7	1	2	3	5	13	21		
		-2	-2	1	2	3	2	1	-2				
		27	18	11	8	4	6	14	22				
			2	4	5	3	2	1					
			28	19	12	9	15	23					
				1	3	4	2						
				29	20	16	24						
					2	3							
					30	25							

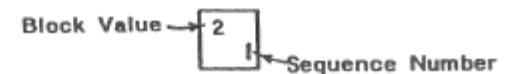
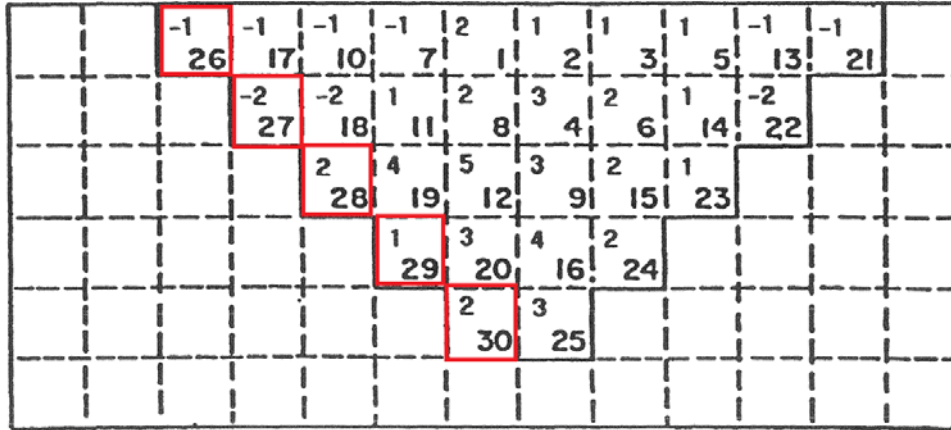


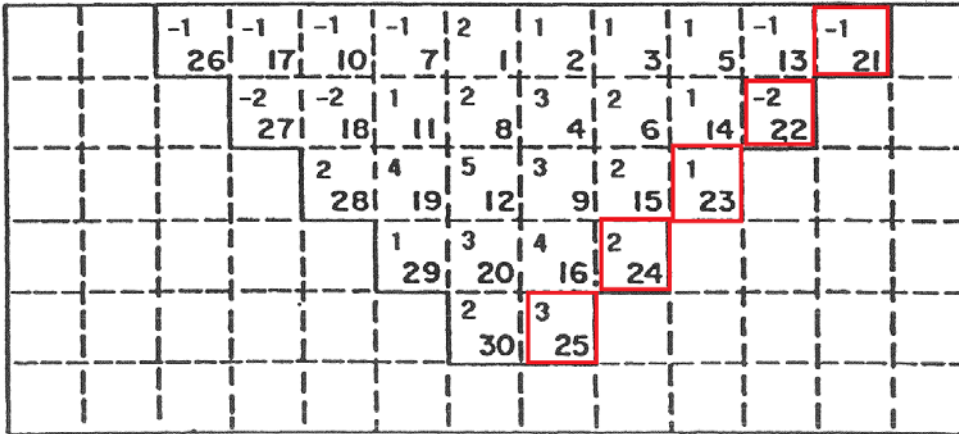
Figure 6.48. The final pit outline and optimum mining sequence (Roman, 1974).



PLANIFICACIÓ MINERA – MÈTODE ROMAN 1974



$$VAN = \frac{-1}{(1+0,1)^1} + \frac{-2}{(1+0,1)^2} + \frac{2}{(1+0,1)^3} + \frac{1}{(1+0,1)^4} + \frac{2}{(1+0,1)^5} = 0,87$$



$$VAN = \frac{-1}{(1+0,1)^1} + \frac{-2}{(1+0,1)^2} + \frac{1}{(1+0,1)^3} + \frac{2}{(1+0,1)^4} + \frac{3}{(1+0,1)^5} = 1,91$$

Determinació del límit òptim

Determinació de VAN en el retrocés últim per veure si es rentable:

Als dos retrocessos al VAN és positiu per tant rentable.



PLANIFICACIÓ MINERA – MÈTODE ROMAN 1974

-1	-1	-1	-1	-1	2	1	1	1	-1	-1		
31	26	17	10	7	1	2	3	5	13	21		
	-2	-2	-2	1	2	3	2	1	-2			
	32	27	18	11	8	4	6	14	22			
		-1	2	4	5	3	2	1				
		33	28	19	12	9	15	23				
			-2	1	3	4	2					
			34	29	20	16	24					
				-5	2	3						
				35	30	25						
					-6							
					36							

Determinació del límit òptim

Avaluem que passaria si fem un altre retrocés:

$$VAN = \frac{-1}{(1+0,1)^1} + \frac{-2}{(1+0,1)^2} + \frac{-1}{(1+0,1)^3} + \frac{-2}{(1+0,1)^4} + \frac{-5}{(1+0,1)^5} + \frac{-6}{(1+0,1)^6} = -11,17$$

Clarament aquest altre retrocés no és rentable, com a conseqüència el pit òptim seria l'anterior.



Problema 7:

Pels tres open pit mines determina la seqüència òptima d'extracció tenint en compte el marginal del bloc i l'interès considerat.

Cas A:

-6	2	4
	1	

$$i = \boxed{0.1}$$

Cas B:

-0.5	1	-1
	1	

$$i = \boxed{0.05}$$

Cas C:

-0.5	-0.2	-0.3
	2	

$$i = \boxed{0.15}$$



CAS A:

Càcul seqüència òptima: Roman algorithm								
	4							
3			3	2	1	VAN =	1.464381	MILLOR
	4			4				
			3	1	2	VAN =	1.299092	
				4				
		3	1	2	3	VAN =	-0.11338	
	4			4				
			2	1	3	VAN =	0.547777	
				4				



CAS B:

Càlcul seqüència òptima: Roman algorithm									
	4								
3			3	2	1	VAN =	0.16845		
	4			4					
			3	1	2	VAN =	0.333739		
				4					
		3	1	2	3	VAN =	0.281954		
	4			4					
			2	1	3	VAN =	0.387275	MILLOR	
				4					



CAS C:

Càlcul seqüència òptima: Roman algorithm								
	4							
3			3	2	1	VAN =	0.599252	
	4			4				
			3	1	2	VAN =	0.607517	MILLOR
				4				
		3	1	2	3	VAN =	0.540561	
	4			4				
			2	1	3	VAN =	0.580742	
				4				



CORTES – OPEN PIT MINING



[DOMINION DIAMOND CORPORATION](http://www.ddcorp.ca/)

Ekati Diamond Mine could keep the operation in production until 2033.

<http://www.ddcorp.ca/>



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional

CORTES – OPEN PIT MINING



DOMINION DIAMOND CORPORATION

Diavik Diamond Mine

The mine site is located in Canada's remote wilderness on a 20 square kilometer island, at Lac de Gras, Northwest Territories, approximately 300 kilometers from Yellowknife, the territorial capital, and just 220 kilometers south of the Arctic Circle.

<http://www.ddcorp.ca/>



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional

CORTES – OPEN PIT MINING



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional

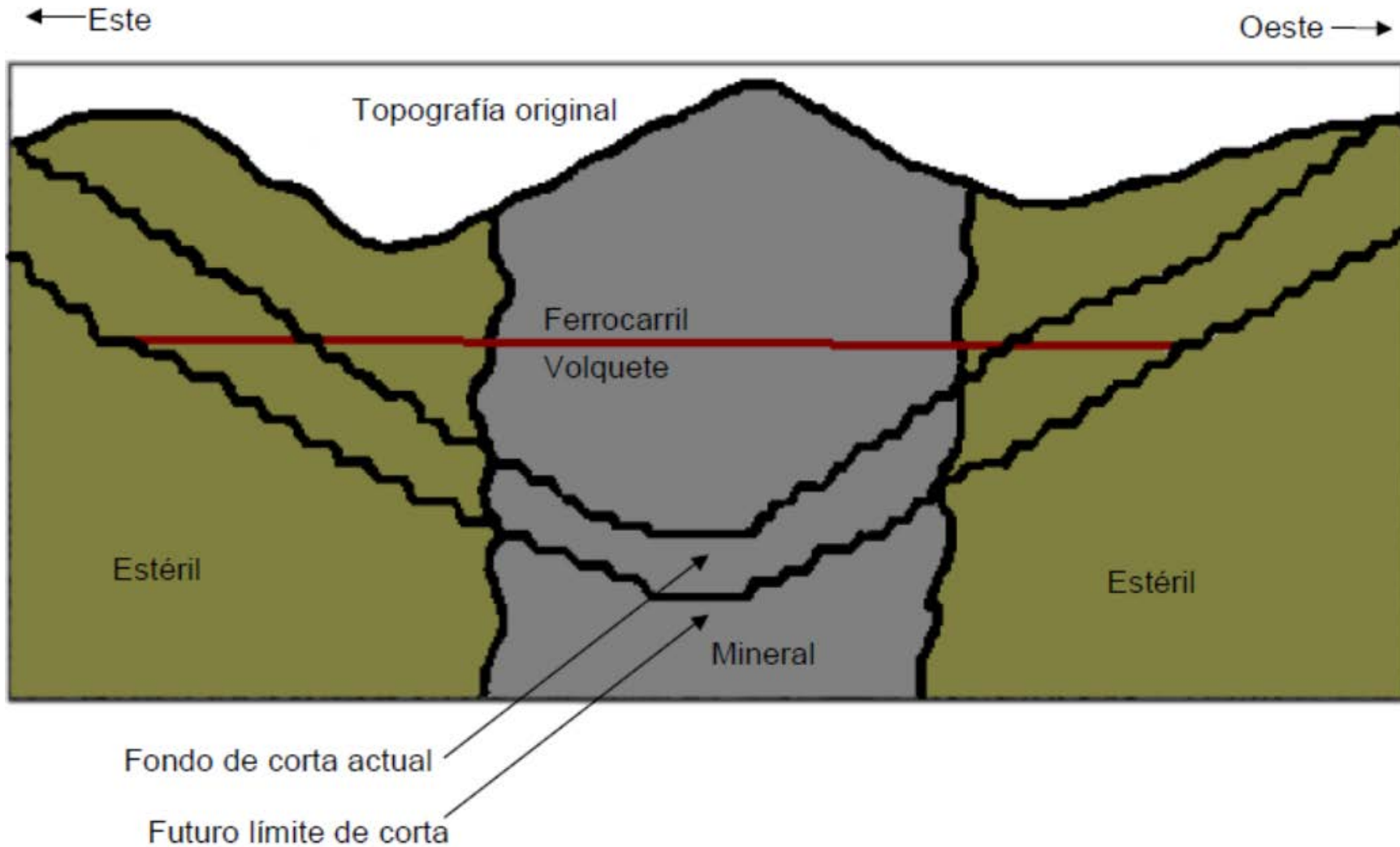
CORTES – OPEN PIT MINING



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional

CORTES – OPEN PIT MINING



Sección esquemática de la mina de Bingham Canyon

CORTES – OPEN PIT MINING

- ❑ Exploten jaciments massius amb una important profunditat, de capes inclinades, de masses de roques, que obliguen a un aprofundiment en l'excavació ja que per l'estructura queda sempre mineral en el fons.
- ❑ L'explotació es fa tridimensionalment per talús descendent, amb seccions verticals en forma troncocònica i un gran nombre de bancs.
- ❑ L'explotació es fa en un entorn de roca dura, resistent i en alguns casos, molt abrasiva, el que requereix l'ús de la voladura com a tècnica d'arrencada, de la càrrega amb grans excavadores i el transport amb bolquets miners (dúmpers).



CORTES – OPEN PIT MINING

- ❑ L'aprofundiment exigeix l'extracció de materials estèrils, que han de ser dipositats en uns abocadors exteriors.
- ❑ L'altura final de l'explotació és una variable del disseny geomètric del buit projectat.

En aquestes explotacions, l'extracció en cada nivell es fa en banc.

Hi ha d'haver un desfasament entre bancs per tal de disposar de unes plataformes de treball mínimes.

Les pistes de transport s'adapten als talussos finals.

CORTES – OPEN PIT MINING

La profunditat d'aquestes explotacions sol ser gran, arribant-se en alguns casos a superar els 300 m.

L'explotació de cortes s'han convertit en el mètode de cel obert més avançat tècnicament.



CORTES – OPEN PIT MINING

- Incrementar la profunditat d'exploració, incrementant la ràtio.
- Grans quantitats bancs.
- No sol tenir la capacitat de rebliment fins al final de l'exploració.



CORTES – OPEN PIT MINING

- Capacitat més flexible de la configuració de la maquinària, és possible en grups petits o grans, segons inversió inicial.
- Capacitat de re-disseny i re-explotació segons revaloració.
- Solen tenir una llarga vida, superior als 15 anys.

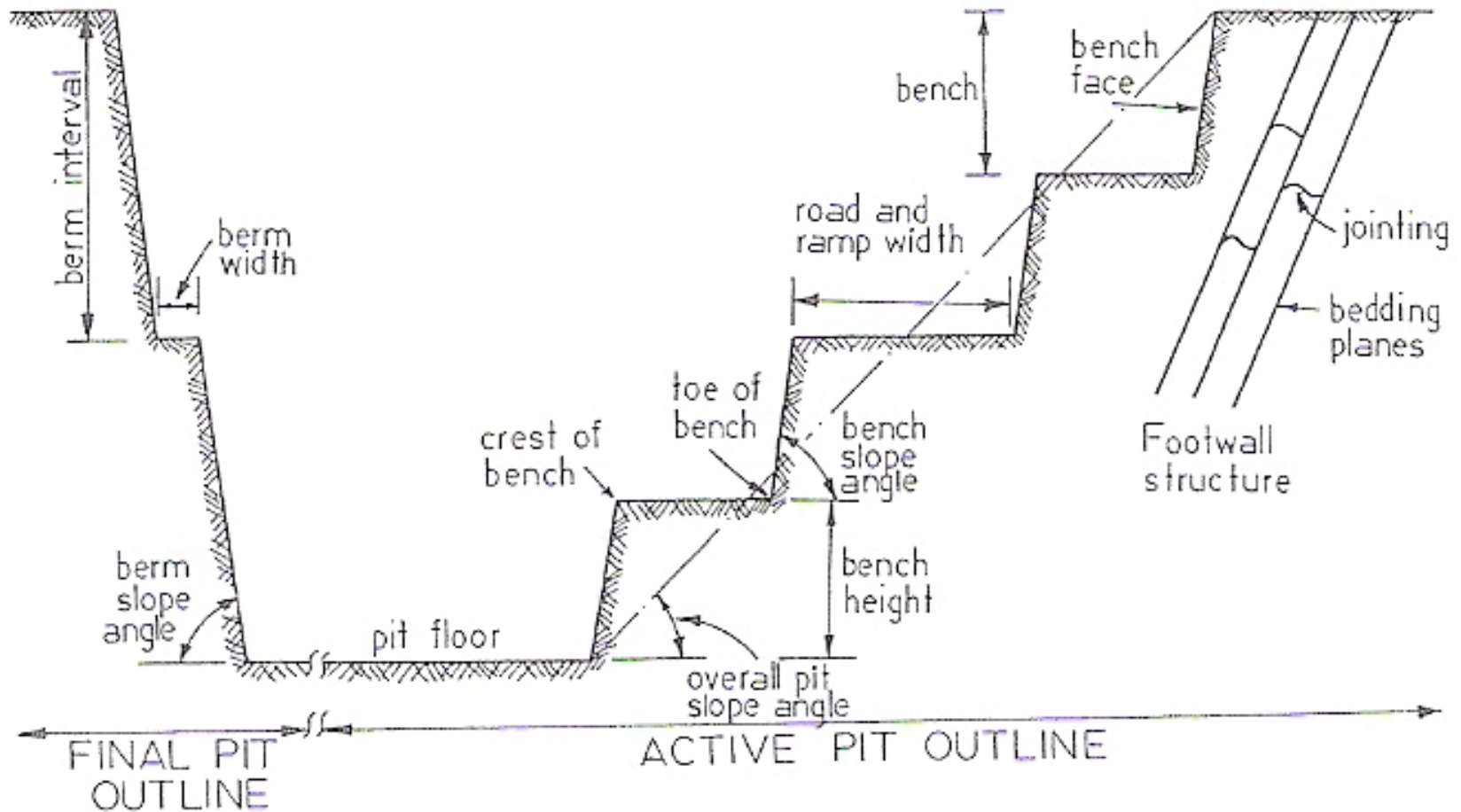


CORTES – OPEN PIT MINING

- L'explotació requereix d'un mètode d'extracció del material i la maquinària mitjançant pistes, usualment instal·lades en parets finals de l'explotació.
- Constants recàlculs de les reserves, i termes de disseny tècnics, com els talussos.



CORTES – OPEN PIT MINING



OPERACIÓ

Obertura d'uns **bancs successius** per a l'**excavació** que **descobreixi el mineral**, després del moviment del **estèril cap als abocadors** interiors o exteriors, mitjançant l'execució d'unes **barrinades** per aconseguir la fragmentació de la roca en mides manipulables per la **màquina de càrrega**, que pot ser una excavadora o una pala, que la col·loca sobre una **unitat de transport** com bolquets, vagons de ferrocarril o cintes transportadores, en aquest cas pot ser requerida una **tritació a la mina** per aconseguir la mida més adequada.

L'atac al mineral es realitza de sostre a mur.



AVANTATGES DE MINERIA A CEL OBERT

- ❑ Millor recuperació del mineral explotable.
- ❑ Planificació més flexible a mesura que progressa el tall.
- ❑ Els nivells de risc en el treball disminueixen
- ❑ La mecanització no té límit pel que fa a dimensions dels equips.
- ❑ L'esforç físic dels treballadors és menor.
- ❑ La productivitat és més alta.
- ❑ Els tonatges per cada voladura són molt més grans.
- ❑ Els problemes de ventilació pràcticament no existeixen.
- ❑ Els costos per tona moguda són més baixos.



DESAVANTATGES DE MINERIA A CEL OBERT

- Les inversions en equips són quantioses i les càrregues financeres són altes.
- L'equip és més sofisticat i necessita una mà d'obra més qualificada.
- Els agents atmosfèrics naturals tenen un fort impacte (pluja, neu, boira).
- Els fronts de treball han d'estar ben organitzats.
- Es generen importants impactes a l'entorn.



CORTES – OPEN PIT MINING

1. Utilització permanent de la modelització i simulació informàtica per a la planificació i el control.
2. Important esforç de la planificació i de la recerca geològica pel control de masses i lleis.
3. Avaluació dinàmica de les reserves de mineral.
4. Perforació de barrinades amb grans diàmetres.
Desenvolupament i perfeccionament de l'execució de grans voladures.
5. Grans excavadores elèctriques i hidràuliques amb capacitats que superen els 50 m³ de capacitat de cullera.
6. Desenvolupament de bolquets miners dièsel o elèctrics que superen les 350 t de capacitat de transport.



CORTES – OPEN PIT MINING

7. Plantes mòbils de trituració pel transport amb cintes de gran capacitat.
8. Desenvolupament i utilització de cintes transportadores d'alta capacitat per granulometries de roca de més de 200 mm i amb amples de banda de més de 1.500 mm.
9. Maquinària auxiliar de grans dimensions per al manteniment de la mina.
10. Control i seguiment permanent de l'estabilitat dels bancs i talussos.
11. Drenatges de grans cabals.
12. Torres de control de trànsit i operacions mineres.
13. Il·luminació nocturna dels fronts de treball.

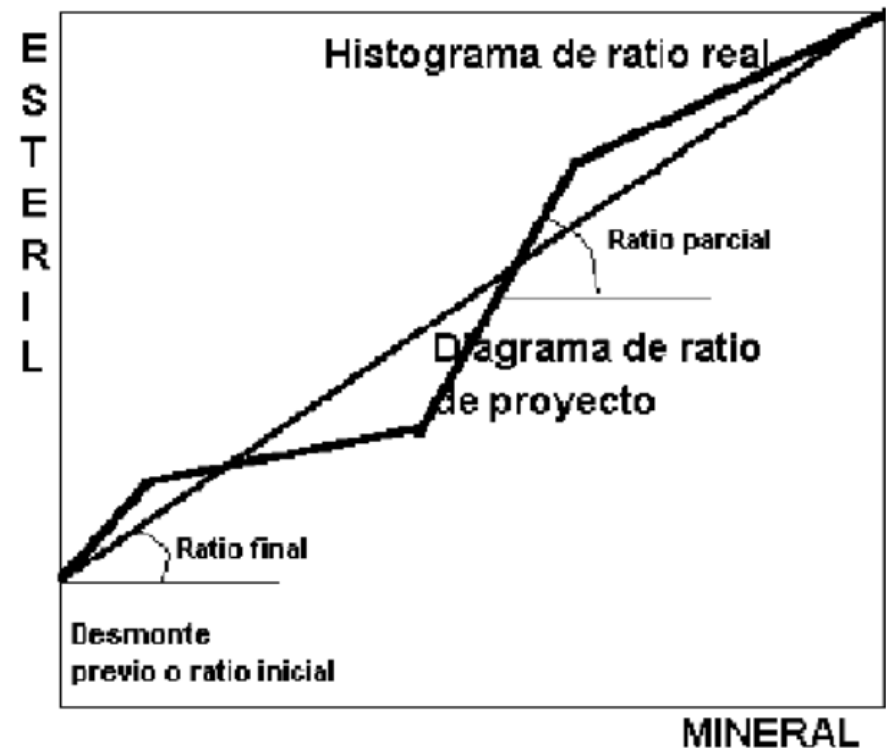


CORTES – OPEN PIT MINING

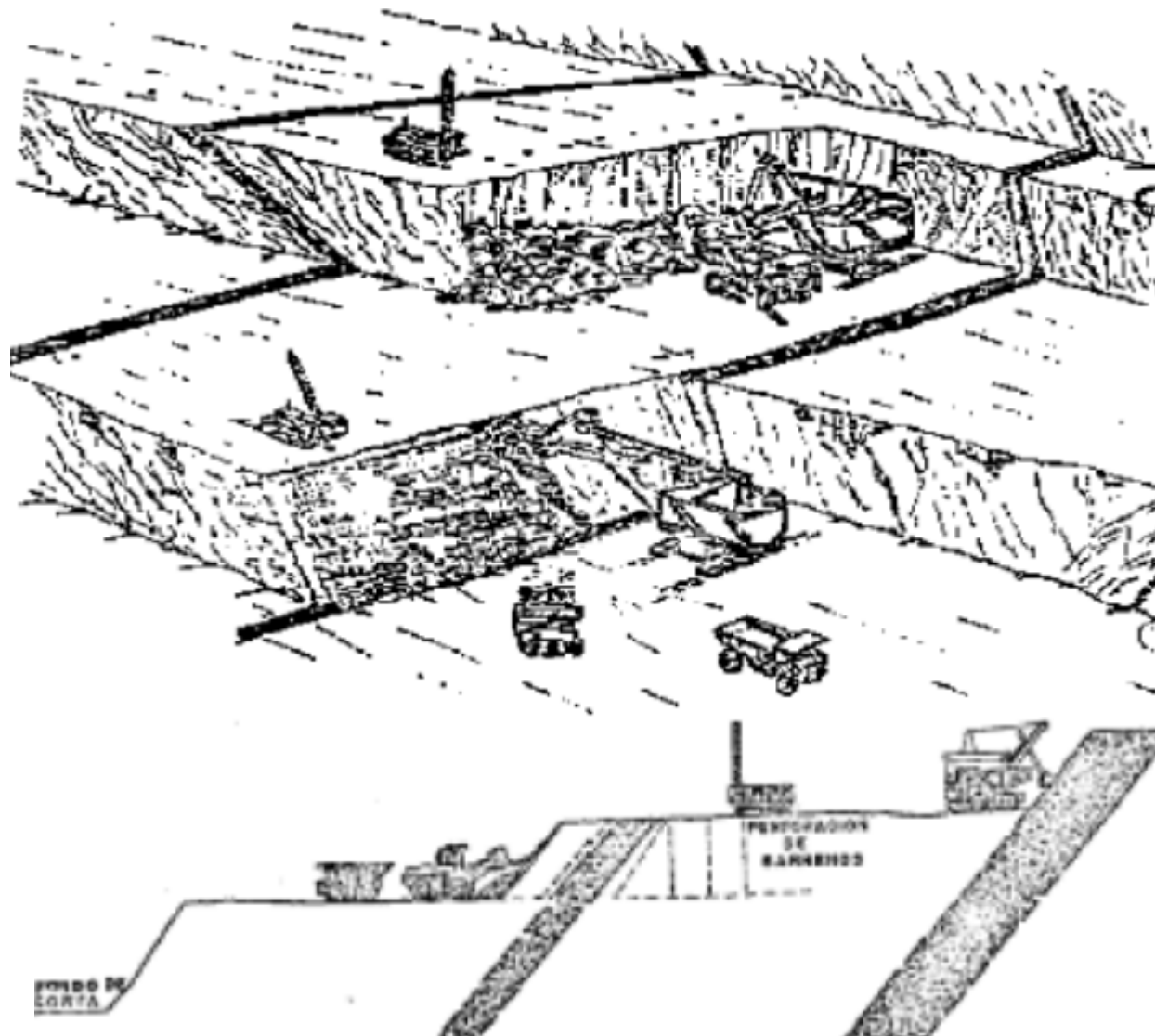
S'anomena ràtio, E/M, a la relació entre l'estèril a moure, E, necessari per descobrir i poder arrencar M tones de mineral.

El concepte de ràtio, en ser temporal i espacial, és un element de la planificació tècnica.

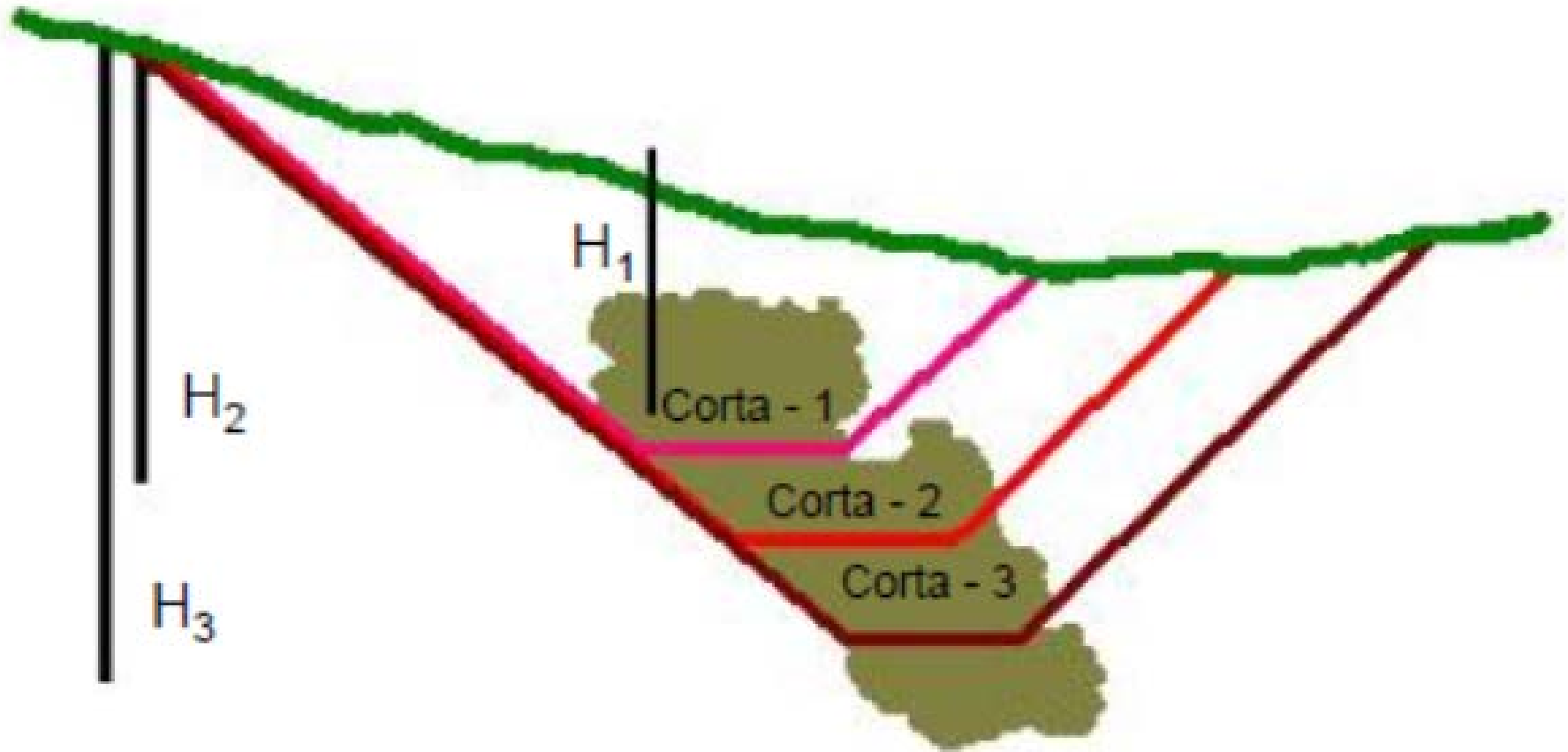
$$R_L = \frac{\text{Precio de venta} - \text{Costes extracció de mineral}}{\text{Costes extracció de estèril}} = \frac{P_V - \sum C_M}{\sum C_E}$$



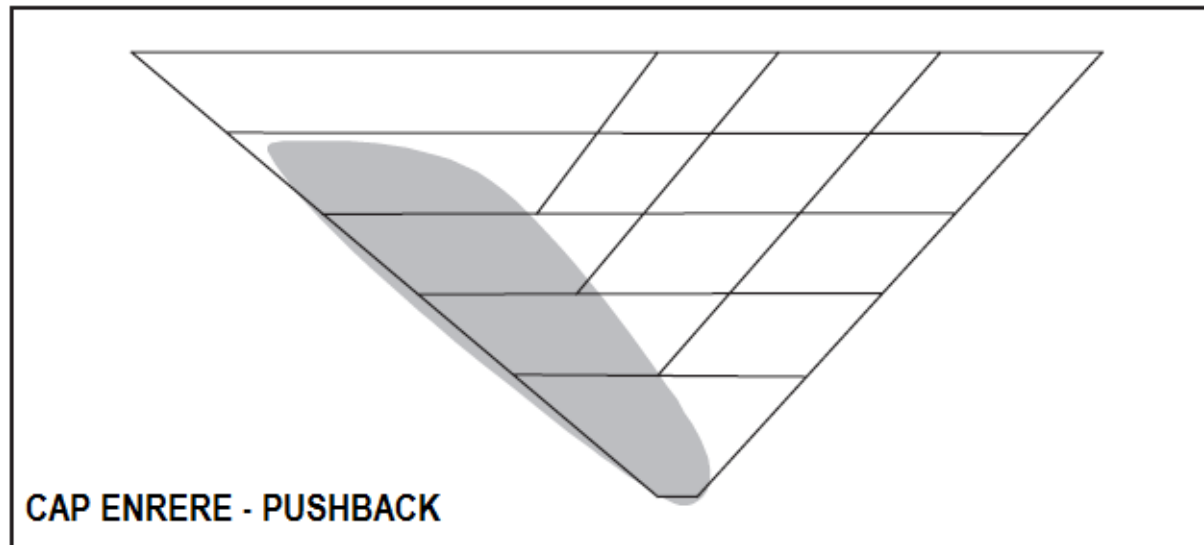
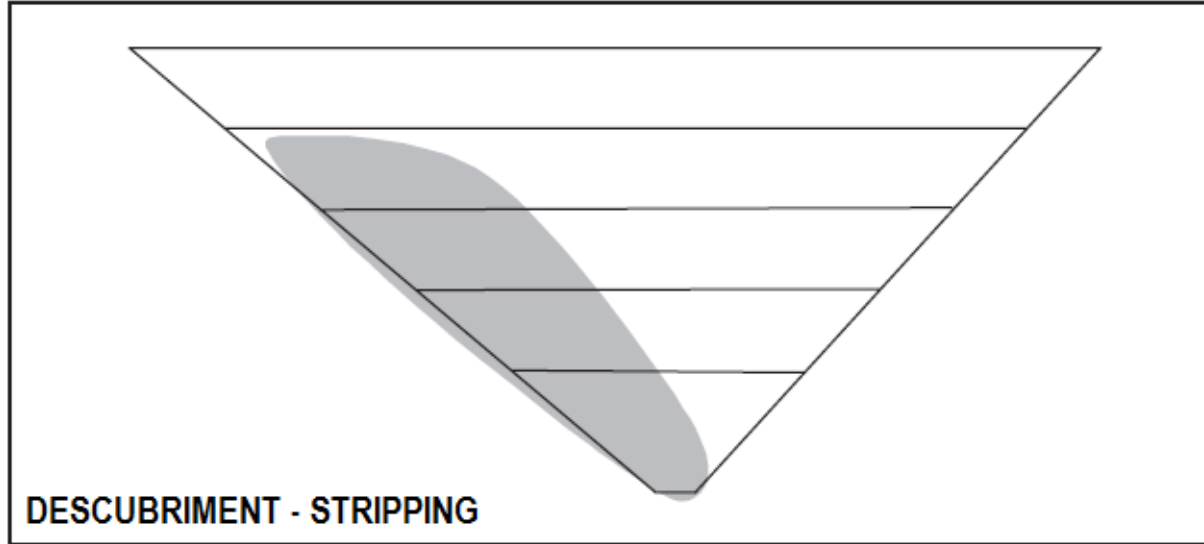
CORTES: MÈTODES



MÈTODES EN CORTES



MÈTODES EN CORTES



MÈTODES: RÀTIO DECREIXENT

A cada nivell extreure tot l'estèril i mineral del límit d'explotació.

Major moviment inicial d'estèril

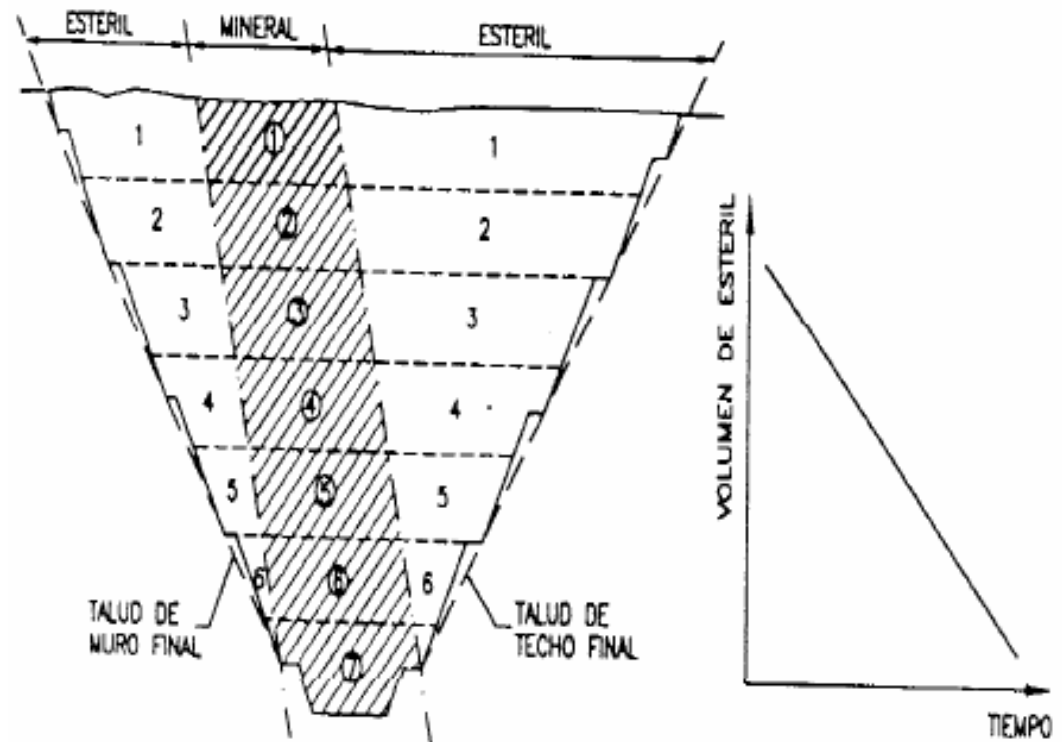


Figura 8.25. Secuencia de explotación con ratio descendente.

MÈTODES: RÀTIO DECREIXENT

- Ampli espai pel treball d'equips.
- Al mateix nivell concentració d'equips.
- Fàcil accés al mineral del banc de sota.
- Escassa dilució de mineral.
- Necessitat de menys equips a les etapes finals d'exploració del jaciment.
- Explotació amb ràtio decreixent, que implica un major temps de recuperació de la inversió.



MÈTODES: RÀTIO CREIXENT

Consisteix en moure a cada etapa el mínim d'estèril possible per destapar el mineral.

Més estèril a mida que profunditzem.

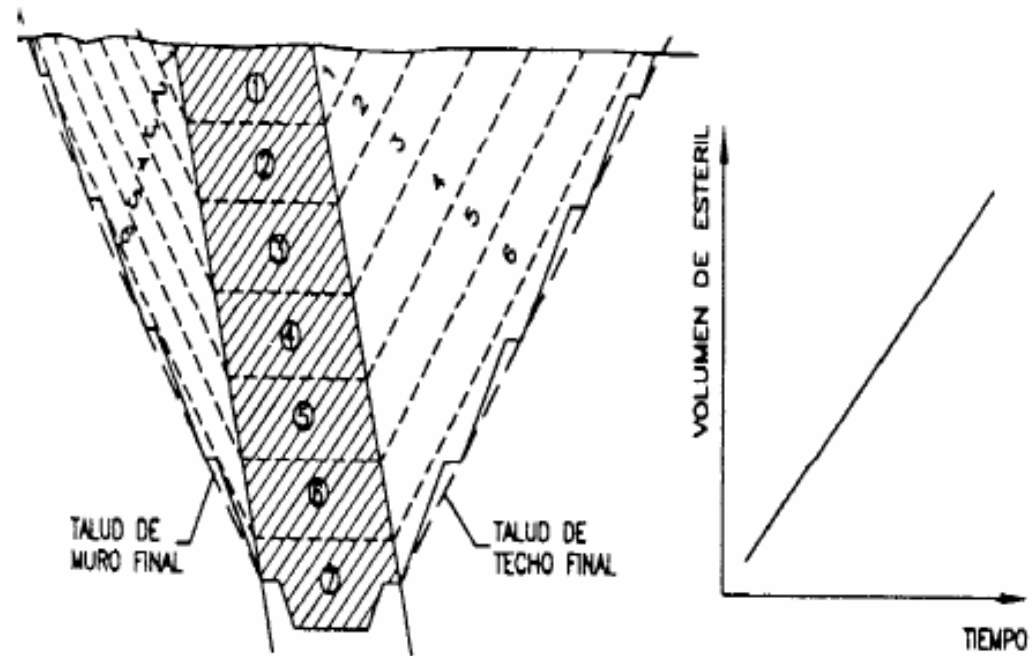


Figura 8.26. Secuencia de explotación con ratio creciente.

MÈTODES: RÀTIO CREIXENT

- Explotació amb ràtio creixent, que aconseguix el major benefici a l'inici, i aquest disminueix amb el progrés de l'explotació.
- Mínim abocador inicial.
- Mínim temps de recuperació de capital.
- Talús de treball es mantenen paral·lels al disseny final.
- Mètode freqüent quant el rati límit econòmic canvia en períodes curts de temps.



MÈTODES: RÀTIO CONSTANT

Moure el mateix estèril a cada etapa.
És una solució intermedia.

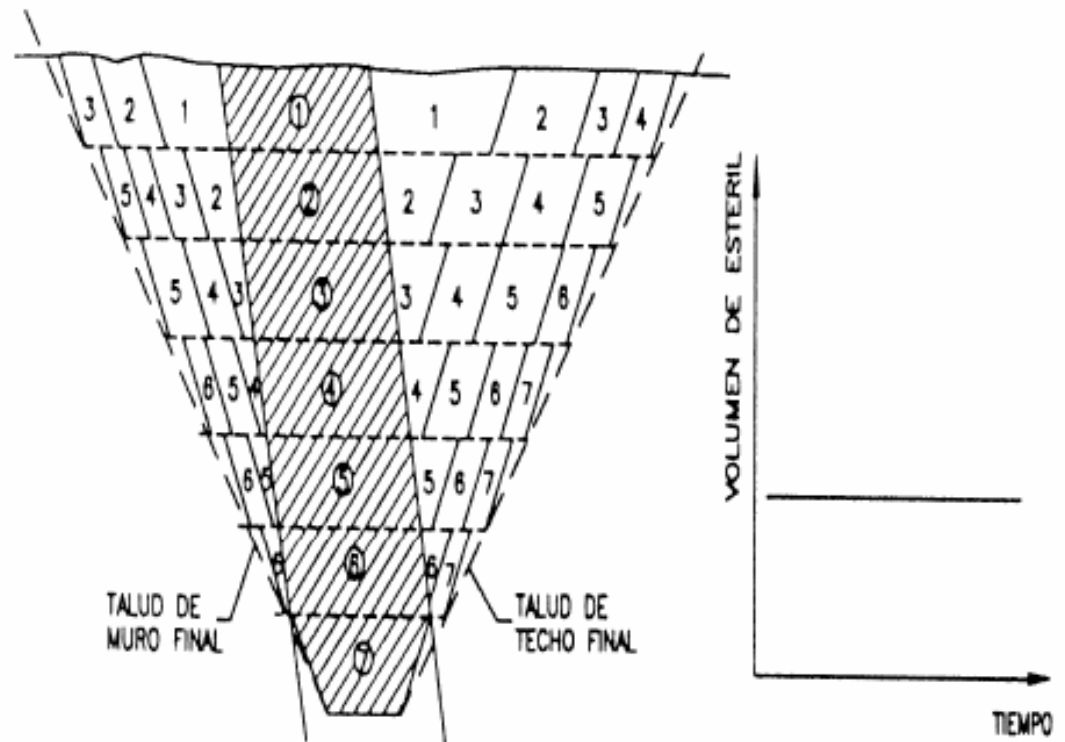


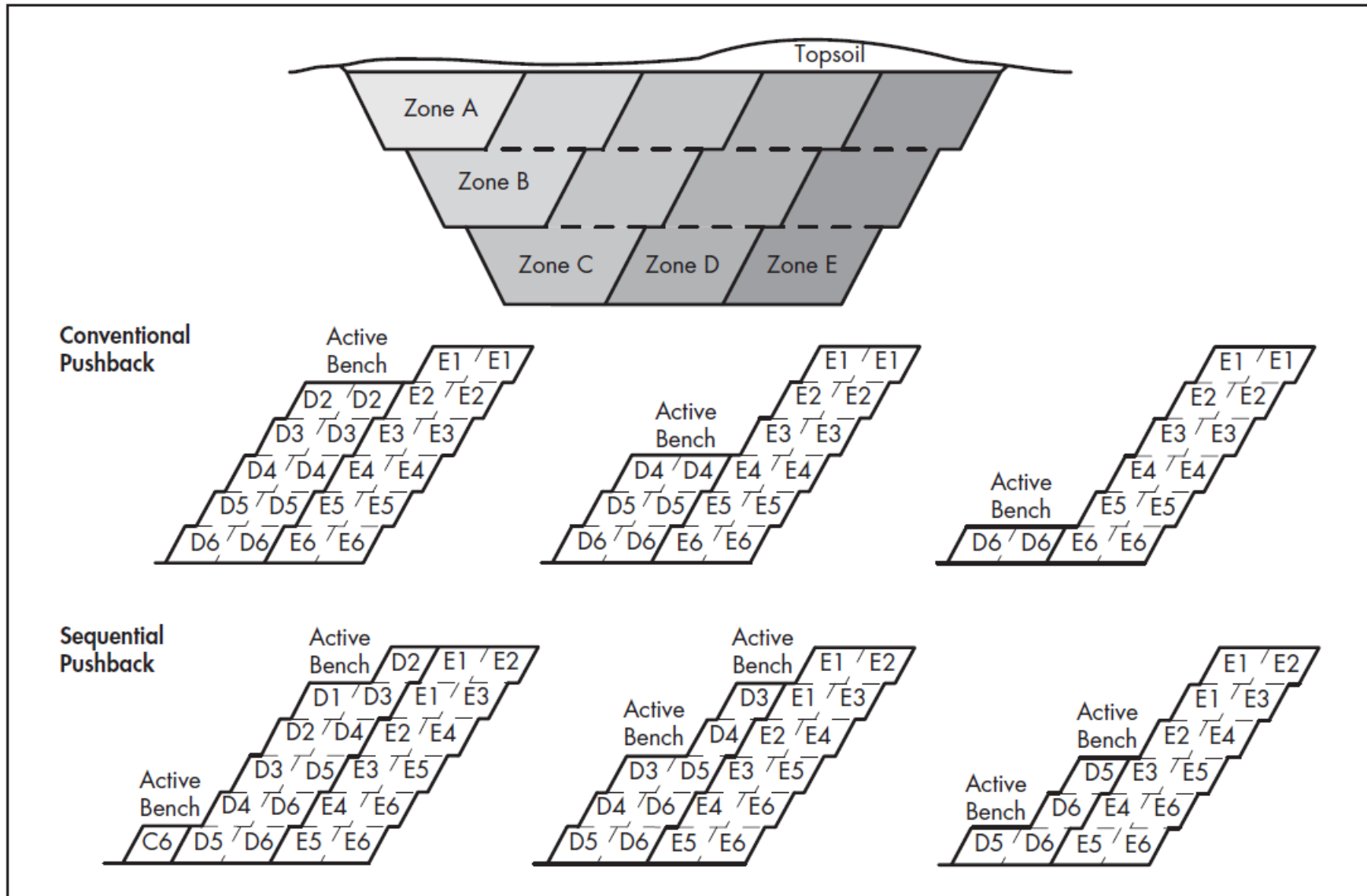
Figura 8.27. Secuencia minera con ratio constante.

MÈTODES: RÀTIO CONSTANT

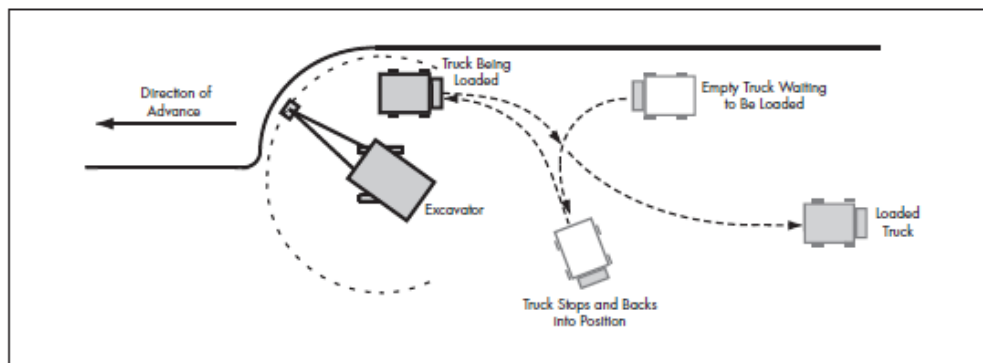
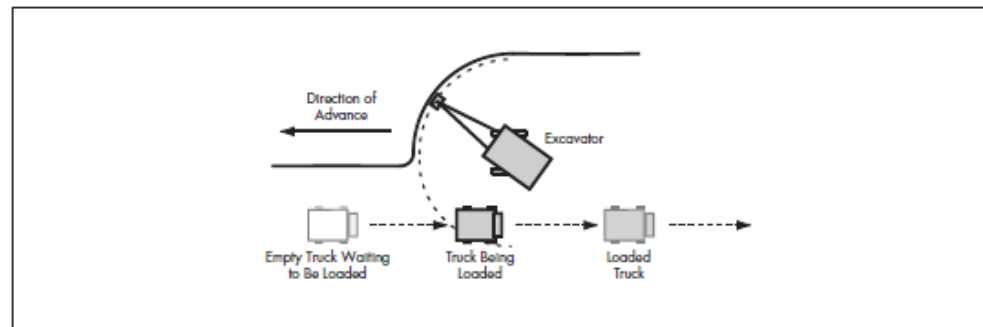
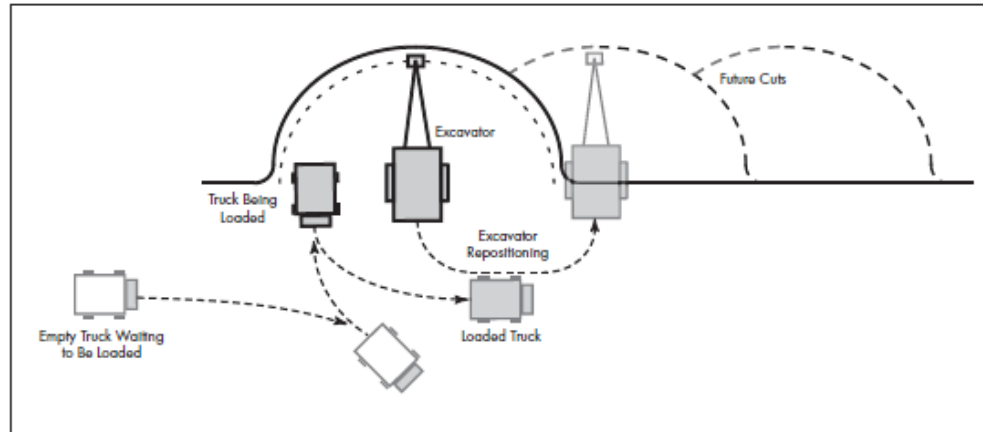
- ❑ Talús comença poc vertical, però es va fent més vertical a mida que profunditzem, fins el talús final.
- ❑ Es manté la maquinària i el personal d'exploració durant tota la vida de la mina.
- ❑ Incentiva els factors econòmics, afavorint un subministrament constant de mineral.
- ❑ No requereix l'abocador de la ràtio decreixent, però necessita continus re-càlculs de disseny com el mètode de la ràtio creixent.



Mètode convencional i seqüencial



Mètodes d'arranc i càrrega



Source: Hustrulid and Kuchta 2006.



MÈTODES: FRONTS D'ARRANC

Dins del mètode convencional d'explotació amb talús descendent o corta, pot efectuar-se l'atac o seqüència **d'avanç en tres direccions**, principalment en el cas de **jaciments de minerals sedimentaris** amb una morfologia longitudinal i allargada, encara que és vàlid per a qualsevol tipus, doncs sempre hi ha una direcció preferent (jaciments de carbons, fofats, filons metàl·lics, etc).

Aquestes seqüències d'avanç són:

1. **Explotacions longitudinals (paral·lels al cabussament).**
2. **Explotacions transversals (normals al cabussament).**
3. **Explotacions diagonals o mixtes (en angle amb ell).**

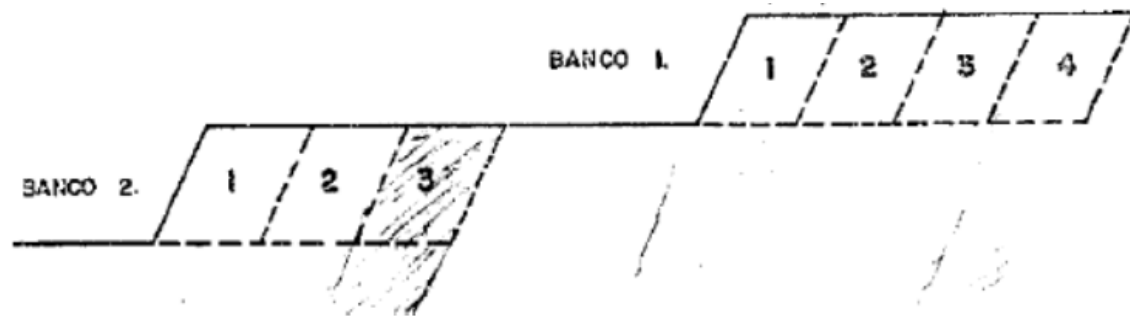
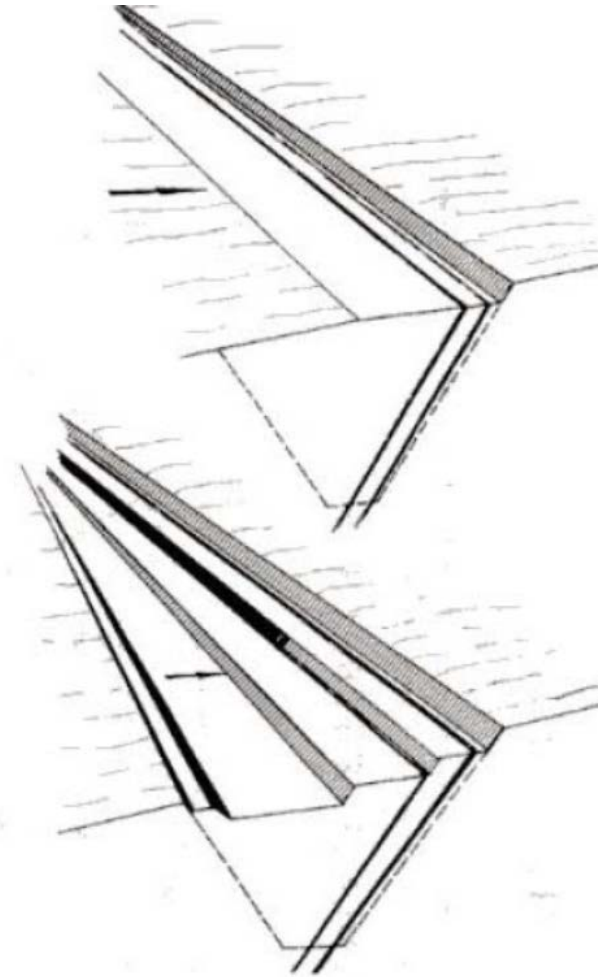


MÈTODES: LONGITUDINAL

Aquest tipus de seqüència o avanç de l'explotació consisteix en portar l'operació **d'arrencada en uns bancs paral·lels a la direcció de les capes o dels filons.**

El desmunt s'ha d'iniciar a les cotes superiors del jaciment, **atacant en tota la longitud** i progressant de sostre a mur del paquet mineralitzat.

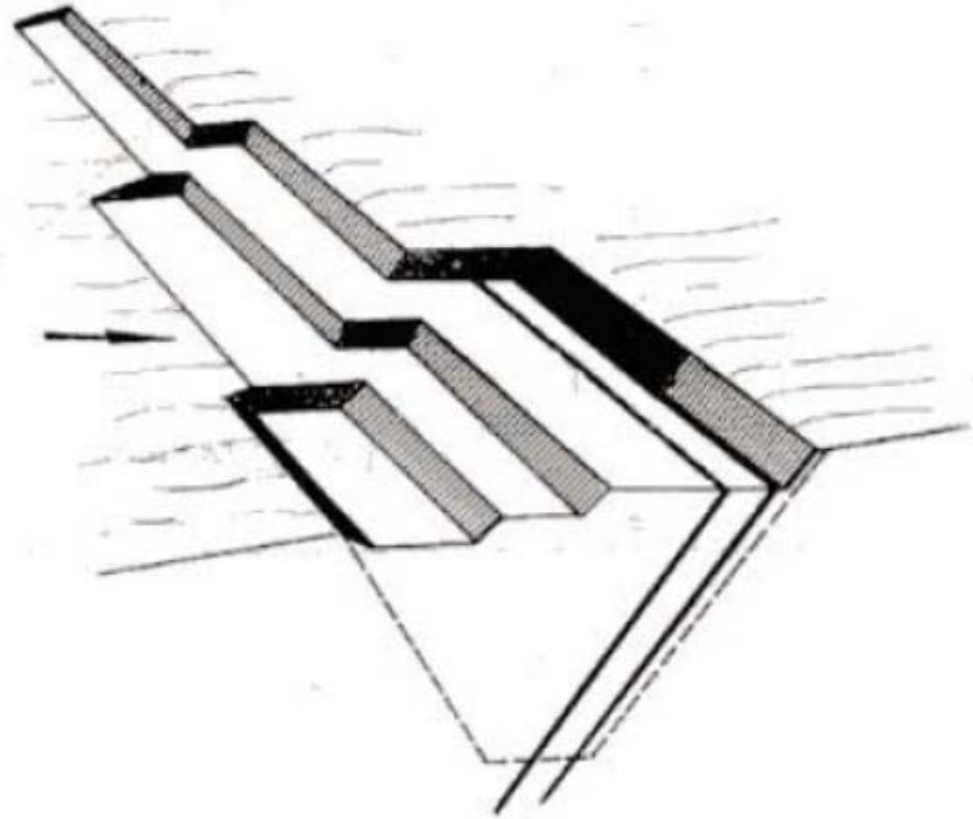
Quan el banc superior hagi avançat una distància que es considera com suficient, es pot iniciar l'arrencada en un **nou segon banc**, a una cota inferior, progressant igualment de sostre a mur, i així successivament fins arribar al fons projectat de la corta.



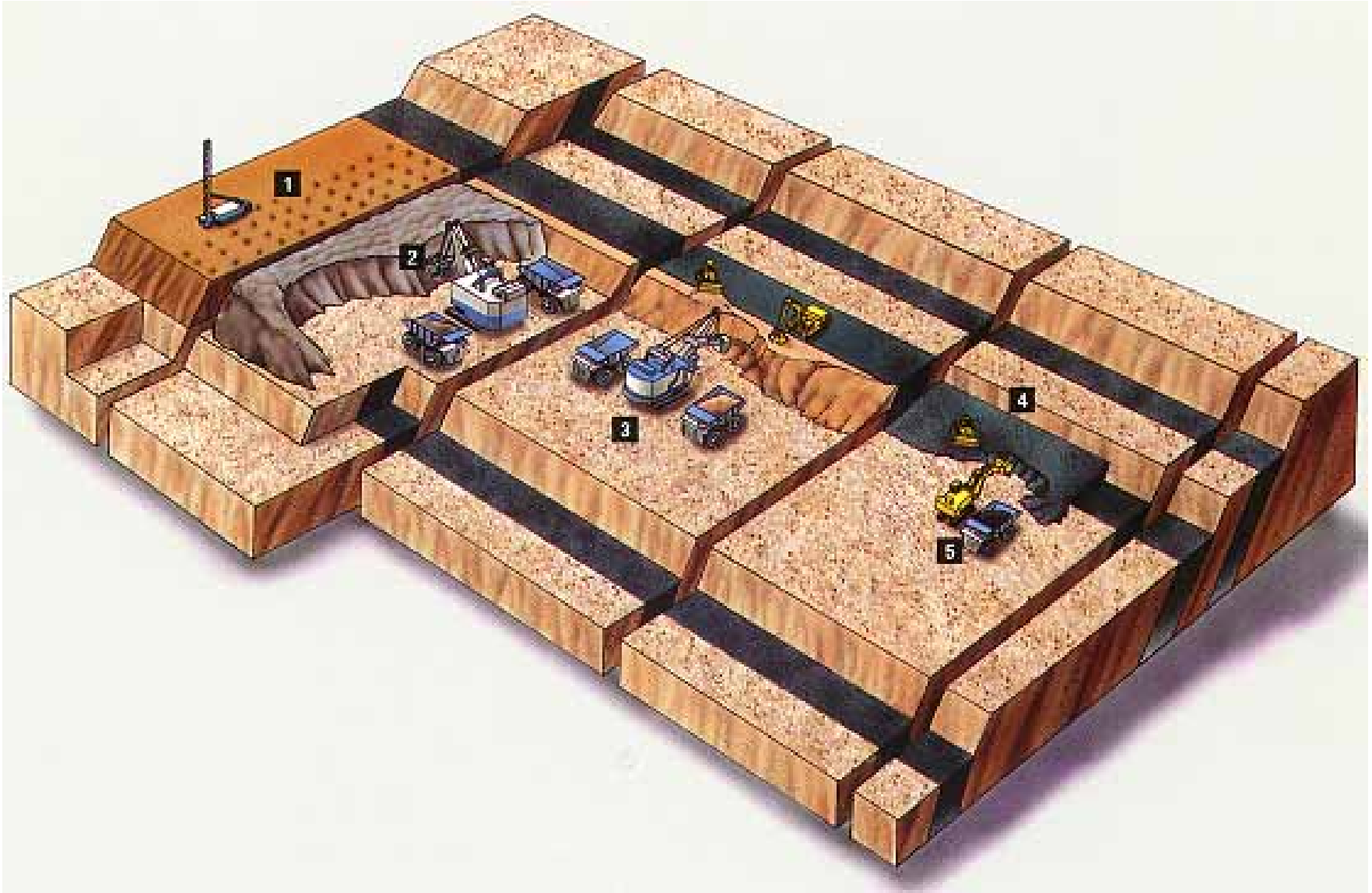
MÈTODES: LONGITUDINAL

Una variant que s'empra en algunes ocasions, consisteix a **dividir la longitud total del front de cada banc**, en mòduls, realitzant l'excavació en cadascun d'aquests d'una manera **desfasada en l'espai**.

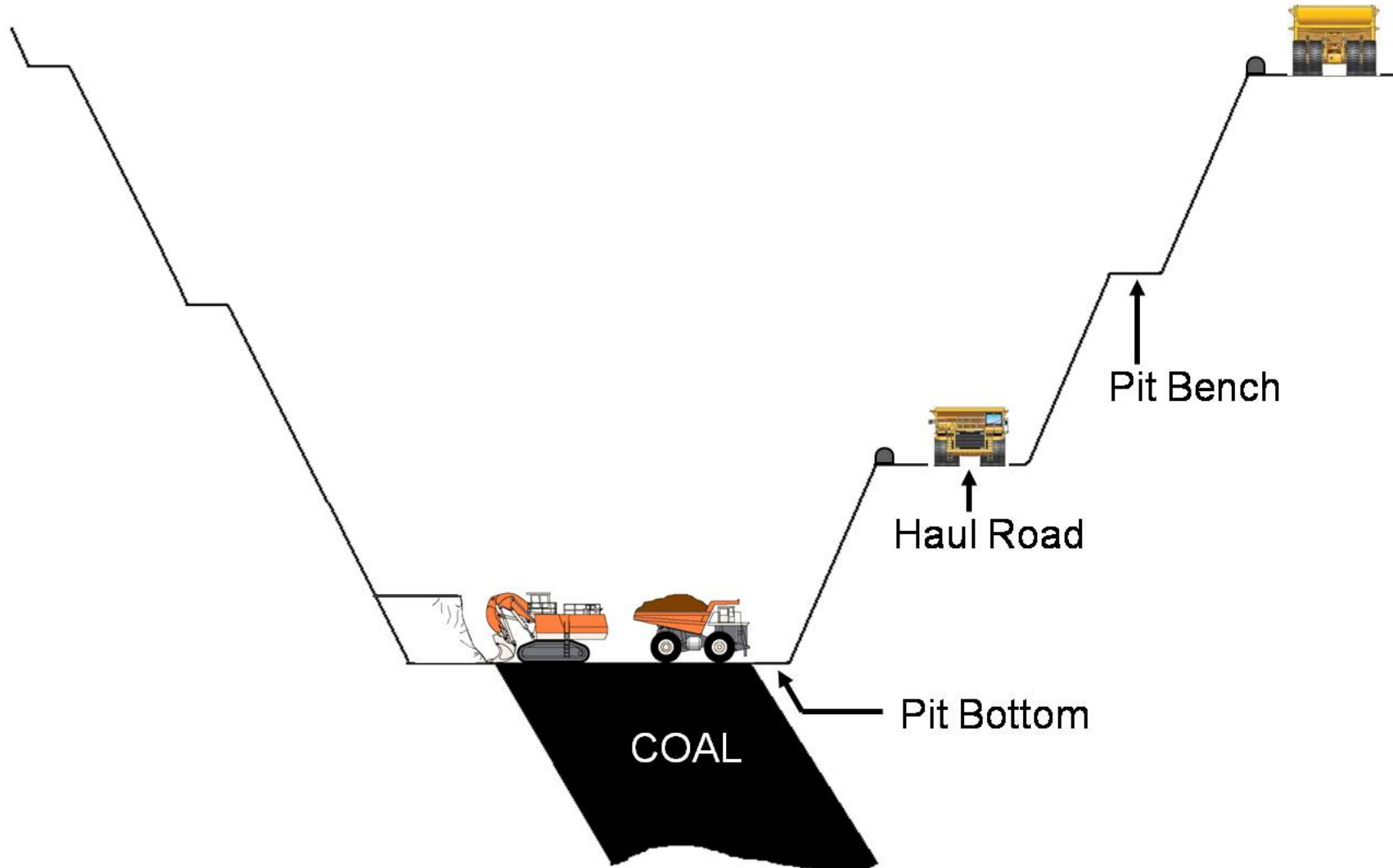
Així doncs, en el **primer banc s'inicia l'explotació d'un segon mòdul simultàniament amb l'arrencada del primer mòdul del segon banc**.



MÈTODES: LONGITUDINAL



MÈTODES: LONGITUDINAL



MÈTODES: LONGITUDINAL

D'aquesta manera el front global de treball està constituït per tants fronts parcials com bancs existeixin, **disposició espacial és de forma esglaonada.**

Aquest sistema, permet en alguns casos tenir un major marge de **flexibilitat per regularitzar les ràtios parcials de l'explotació,** i alhora aconseguir una **homogeneïtzació o una barreja de les qualitats del mineral en la pròpia mina** per procedir de diverses capes o filons de diferents nivells.



MÈTODES: LONGITUDINAL

Avantatges:

1. Accés ràpid al mineral en diversos fronts o capes, amb un menor desmunt inicial.
2. Facilitat per obrir fronts llargs, el que podrà donar una producció de mineral més flexible per així respondre a les variacions de la demanda.
3. Possibilitat de treballar en un gran nombre de bancs.

Inconvenients:

1. Els talussos finals hauran de romandre oberts fins al final de l'explotació.
2. Les variacions en la producció de mineral dependran de les potències de les capes i de les dimensions d'estèril entre capes.
3. Major dificultat per fer barreja de minerals i aconseguir un control homogeni de la qualitat, encara que menor en el cas d'utilitzar la variant.
4. Impossibilitat de començar a omplir el buit final de l'explotació en una primera etapa, el que farà més problemàtica l'execució de la restauració final del terreny.

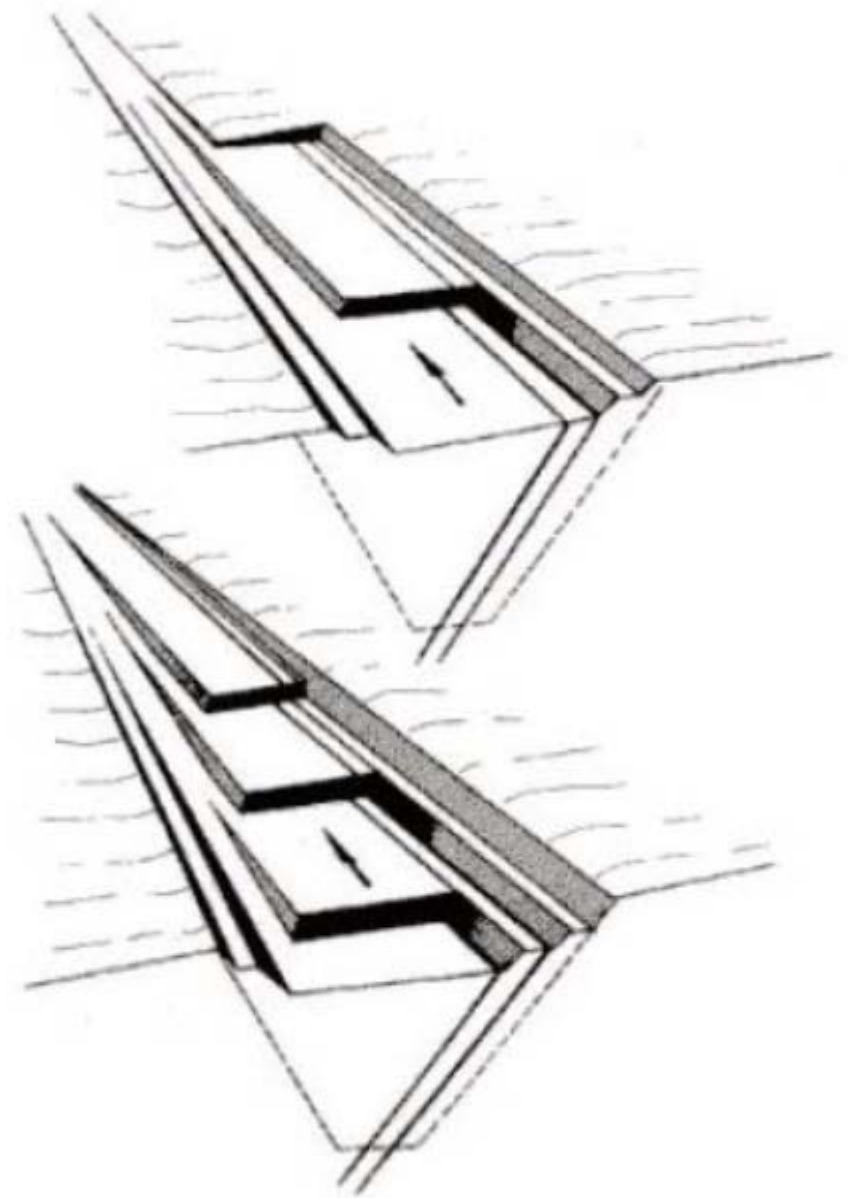


MÈTODES: TRANSVERSAL

Aquesta seqüència comença en un extrem del banc més alt i ha d'avançar al llarg del cabussament de la formació. La cara de treball és normal al cabussament i s'estén a tot l'ample del banc des del talús de sostre al talús de mur.

Quan s'hagi avançat una longitud per permetre l'operació i la mobilitat dels equips miners, es comença el segon banc avançant-hi simultàniament i paral·lelament a l'anterior, així s'aprofundeix successivament fins al fons de corta projectat.

Com és natural, encara que l'avanç de la mina és, en veritat, transversal, l'arrencada del mineral s'ha de realitzar sempre de sostre a mur, sent així més fàcil la seva neteja i selectivitat, reduint-se la dilució que es produiria si l'arrencada s'efectua normal al cabussament.



MÈTODES: TRANSVERSAL



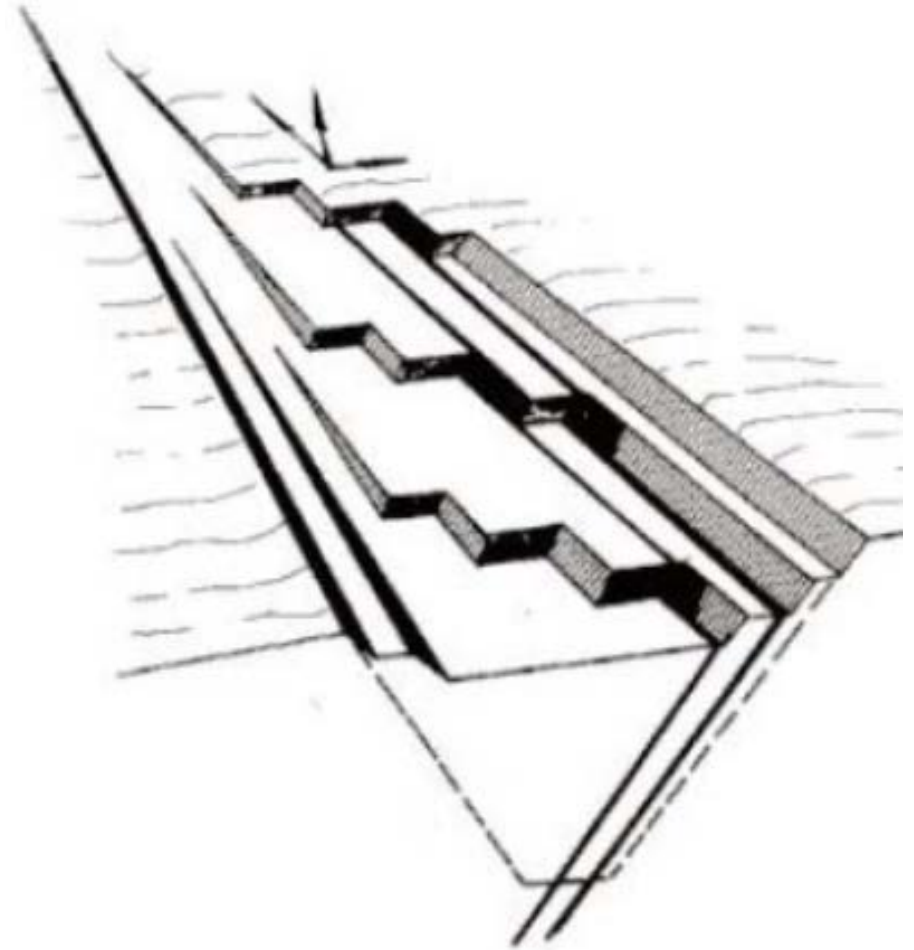
UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional

MÈTODES: DIAGONAL O MIXTA

Com a solució intermèdia que intenta aconseguir els avantatges de cada seqüència i disminuir els inconvenients.

La seqüència o avanç en diagonal, que té més de transversal que longitudinal, però que augmenta notablement la superfície o longitud de banc obert i un atac a la capa, filó o horitzó mineralitzat més clar i amb això disminueix la dilució o separació entre el mineral i el estèril



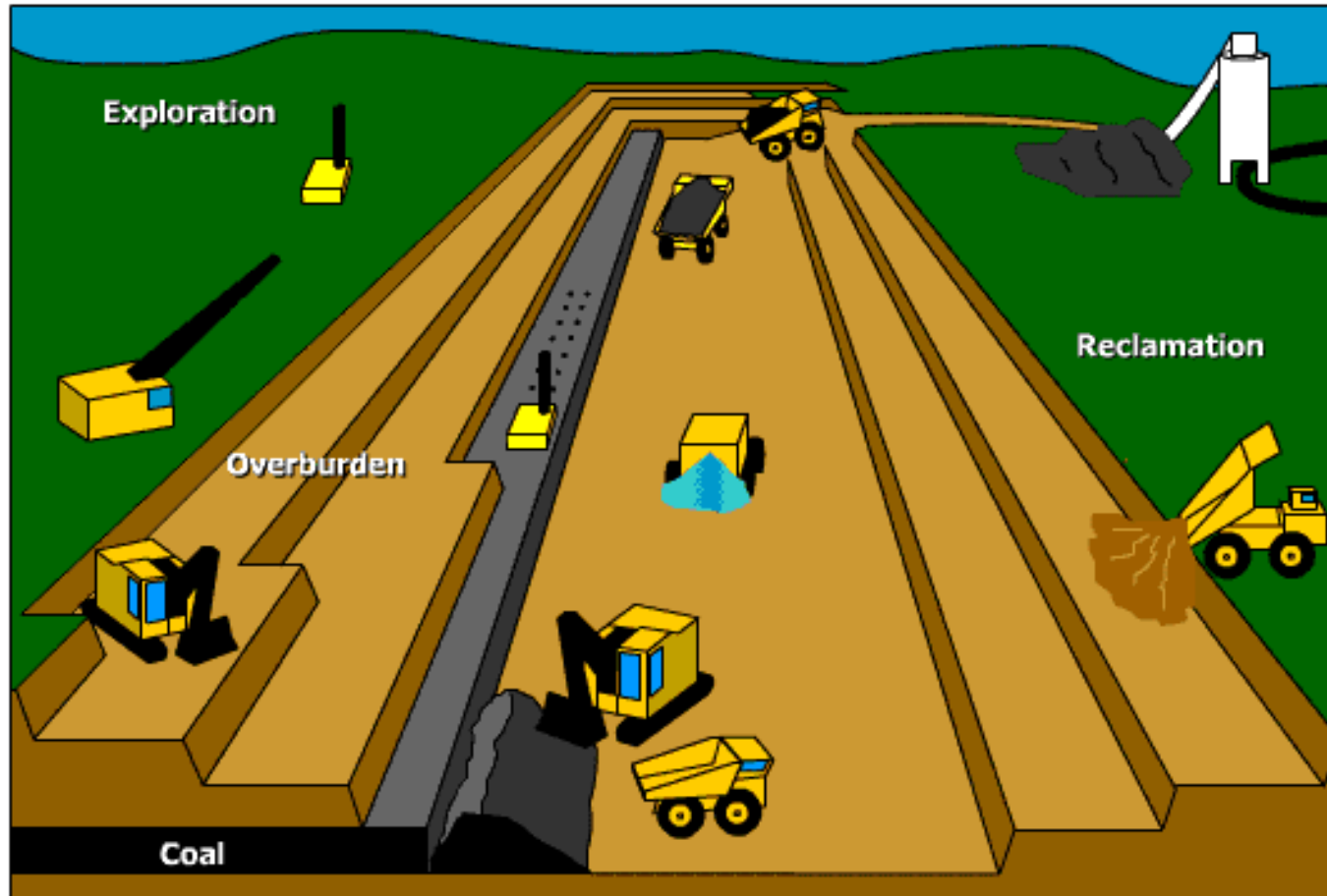
MINERIA PER TRANSFERÈNCIA – STRIP MINING



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional

MINERIA PER TRANSFERÈNCIA – STRIP MINING



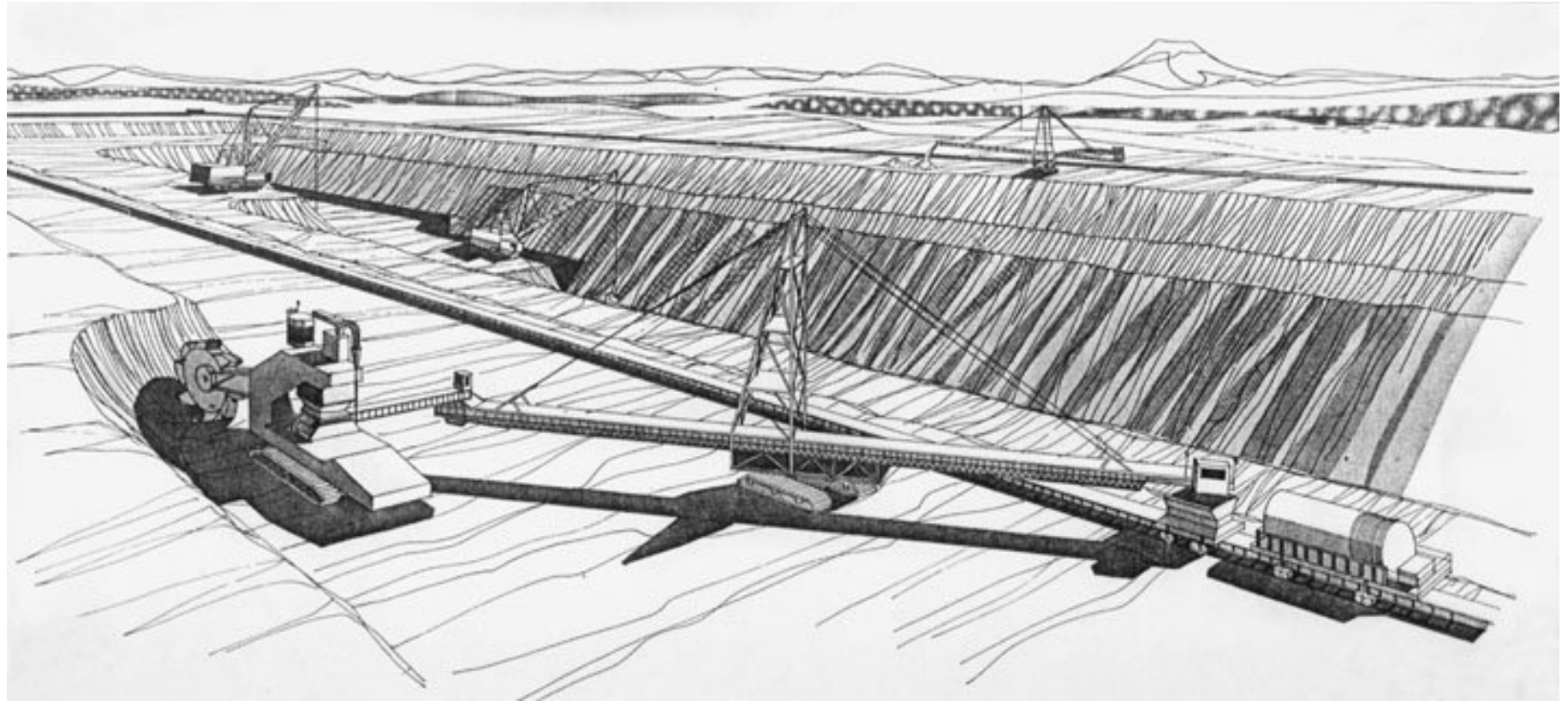
MINERIA PER TRANSFERÈNCIA – STRIP MINING



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional

MINERIA PER TRANSFERÈNCIA – STRIP MINING



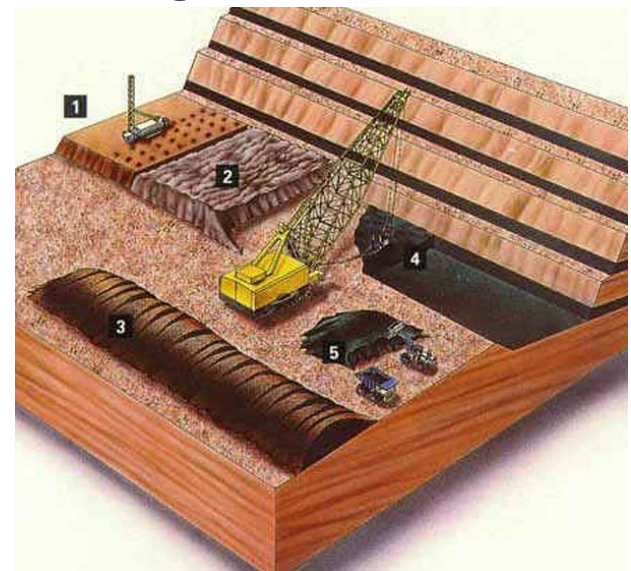
UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional

MINERIA PER TRANSFERÈNCIA – STRIP MINING

La mineria per transferència és un mètode miner conegut internacionalment com **STRIPPING**.

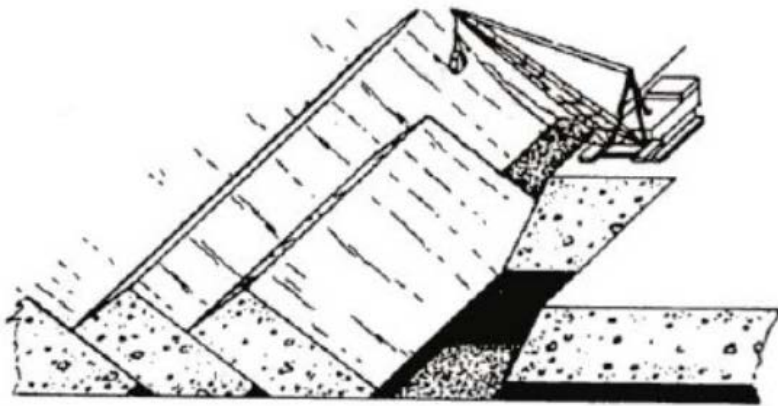
Consisteix en l'explotació, des de la superfície, d'unes capes que han de ser **horitzontals o quasi (<10 ° de cabussament)**, mitjançant l'**obertura d'un buit inicial** per al descobriment de la capa o capes i, després de l'**extracció del mineral**, es procedeix a **omplir el buit ja explotat amb l'estèril** que s'extreu de la fase següent.



MINERIA PER TRANSFERÈNCIA – DESCOBERTA

Els dos sistemes clàssics són:

- 1) El **sistema americà, de caràcter discontinu i també denominat per descoberta**.
L'arrencada es realitzava antigament bé mitjançant les anomenades "excavadora de desmunt" o per mitjà d'una **dragalina de grans dimensions de cullera**, sent aquest el sistema que roman actualment. També la transferència té un caràcter discontinu. S'utilitza majoritàriament en mineria del carbó entre altres minerals i presenta com avantatge el que, al mateix temps que es desenvolupa l'explotació, permet una regeneració i rehabilitació de la superfície agrícola, forestal o ramadera.

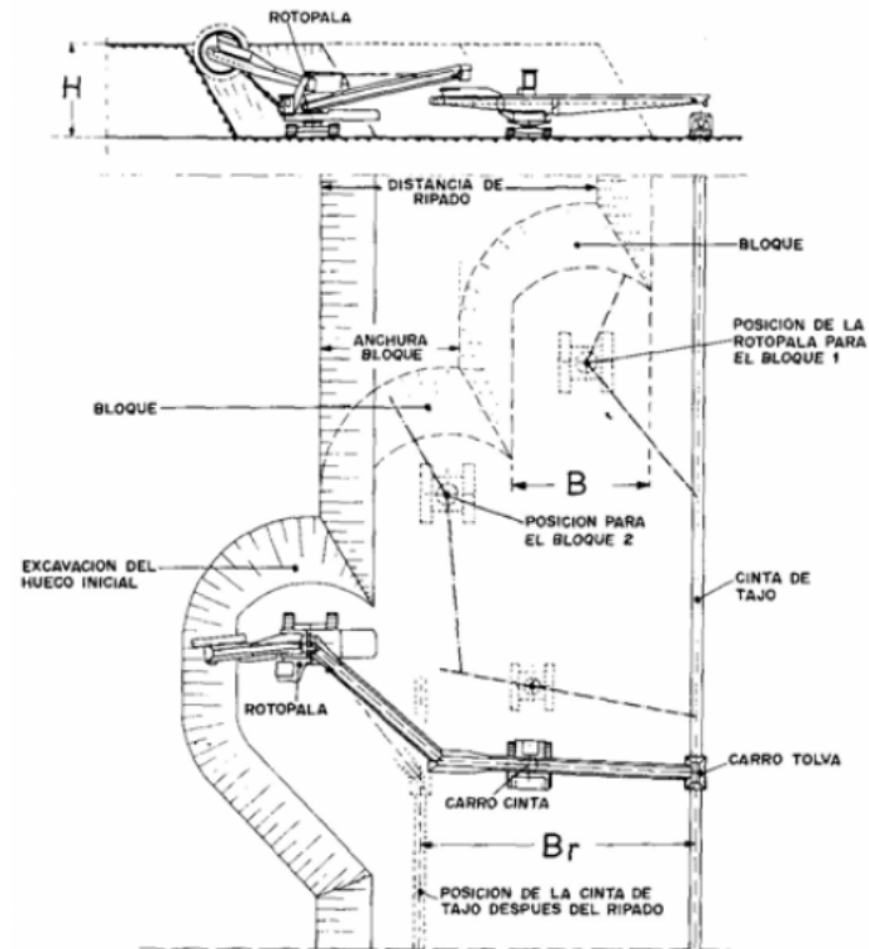


UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional

MINERIA PER TRANSFERÈNCIA – TERRASSES

- 2) El sistema alemany, de caràcter continu i també denominat d'exploació per **terrasses**. Tant l'arrencada com el transport es realitzen en continu, mitjançant rotopala i cintes de gran capacitat, amb la transferència de l'estèril al buit anterior, bé de forma directa per mitjà d'un pont, o bé per l'exterior, amb cintes mòbils.



MINERIA PER TRANSFERÈNCIA – CONDICIONS

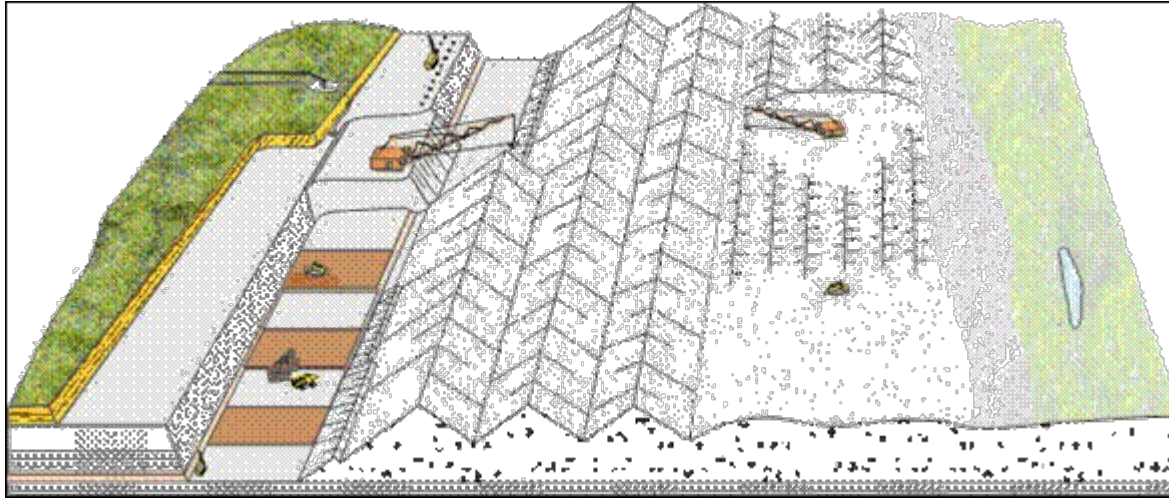
1. Cabussament menor a 10° o gairebé horitzontals
2. Grans reserves
3. Roques toves de recobriment
4. Poques capes i potents. Un o dos bancs
5. Possibilitats d'implementació de tecnologia de gran capacitat
6. La maquinària està dissenyada a mida per a cada jaciment



SISTEMA AMERICÀ - DESCOBERTA



SISTEMA AMERICÀ - DESCOBERTA



El sistema de descoberta que es realitza modernament amb les dragalines, és aplicable en els jaciments en què:

- La potència de la capa serà major de 2 metres.
- El estèril serà excavable, bé directament o després d'una voladura suau.
- Les reserves seran suficients per recolzar la inversió i la vida de la màquina.

És un sistema molt popular en alguns països com són EUA, Sud-àfrica, Austràlia, Nova Zelanda, Rússia i Marroc. Quan alguna d'aquestes característiques es deixa de complir es comença a combinar aquest sistema amb el convencional de corta amb excavadores i bolquets.



SISTEMA AMERICÀ - DESCOBERTA

Tot i que actualment han desaparegut, durant més de 40 anys es van utilitzar les anomenades grans excavadores de desmunt pel desmunt d'estèril (stripping shovel).



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional

SISTEMA AMERICÀ - DESCOBERTA

Les dragalines, igual que les excavadores de desmunt, són:

1. Equips d'enorme volum
2. Elevat preu
3. Alta capacitat de producció

De manera que el seu cost d'explotació ha de resultar molt raonable.

En els **terrenys tous, homogenis i humits** no són tan favorables com les rotopales, però poden arribar a desmuntar uns materials més resistents, amb o sense prèvia voladura, mantenint un reduït cost d'operació i una **vida de la màquina superior als 25 anys**, amb unes **baixes amortitzacions** per hora treballada o per metre cúbic mogut.



SISTEMA AMERICÀ - DESCOBERTA

Per realitzar un estudi comparatiu cal fer referència als factors d'operació i utilitat.

- ❑ Els primers d'ells són **l'abast, els radis i altures d'abocament** que limiten les possibilitats d'excavació amb un abocament directe dels estèrils sobre el runam.
- ❑ El **factor d'ompliment de cullera i la durada del cicle**, condicionen la capacitat de producció d'aquestes màquines. Una estimació conservadora d'aquests factors permet arribar a la conclusió que **per equips amb cullera de 30 a 70 m³, cal una capacitat de la cullera més gran en el cas d'utilitzar dragalines, al voltant d'un 13%**, per poder obtenir la mateixa producció que amb una excavadora.



SISTEMA AMERICÀ - DESCOBERTA

Per l'avaluació d'aquestes màquines **el factor d'utilitat**, es defineix com el producte de la capacitat de la cullera per l'abast. Aquest és superior a les dragalines de l'ordre del 20%.

Els factors d'utilitat estan relacionats amb el pes total en servei de les màquines, existint entre ambdós una proporció aproximadament constant.

Així Woodruff indicava (1.966) que per cada unitat del factor d'utilitat, expressat en peus/iardes cúbiques, correspondrà un pes de 745 lliures en el cas de excavadores i de 575 per dragalines, havent-se reduït posteriorment aquest últim valor a 435 lliures, a causa l'avanç en el disseny i ús d'uns materials més lleugers.

En general la **dragalina té un pes inferior en un 20% al d'una excavadora de cullera** equivalent. Atès que el preu està relacionat amb el pes, pot així estimar que el **cost d'inversió per a la dragalina és considerablement menor que per l'excavadora de desmunt** comparable amb ella.



SISTEMA AMERICÀ - DESCOBERTA

Amb la dragalina s'obté:

- Major radi d'abocament
- Es requereix una major cullera

És a dir, una màquina amb un factor d'utilitat superior al que correspondria a una excavadora.

Si comparem les dues màquines amb el mateix factor d'utilitat:

- Dragalina té un major abast
- Dragalina té una menor cullera

Per tant;

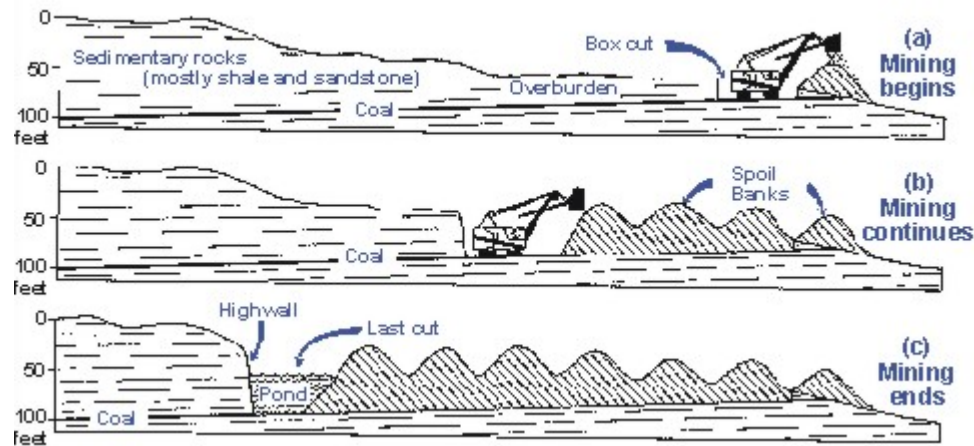
- L'excavadora dona una major producció
- La dragalina pot descobrir una capa de mineral més profund



SISTEMA AMERICÀ - DESCOBERTA

OPERACIÓ

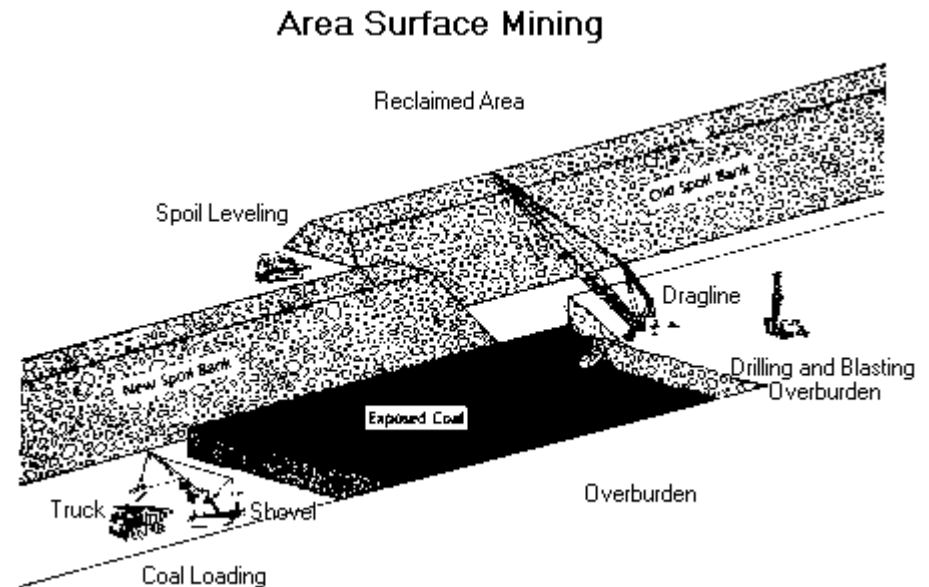
1. Primer consisteix en excavar un **buit inicial o “box-cut”** que s'aprofundeix fins al sostre del mineral. El material excavat es col·loca el primer i exterior abocador.
2. Posteriorment s'ha de extreure el mineral pertanyent al buit inicial, passant a **col·locar en les següents fases el estèril de la rasa o tall adjacent al buit produït per l'arrencada anterior, i així successivament.**



SISTEMA AMERICÀ - DESCOBERTA

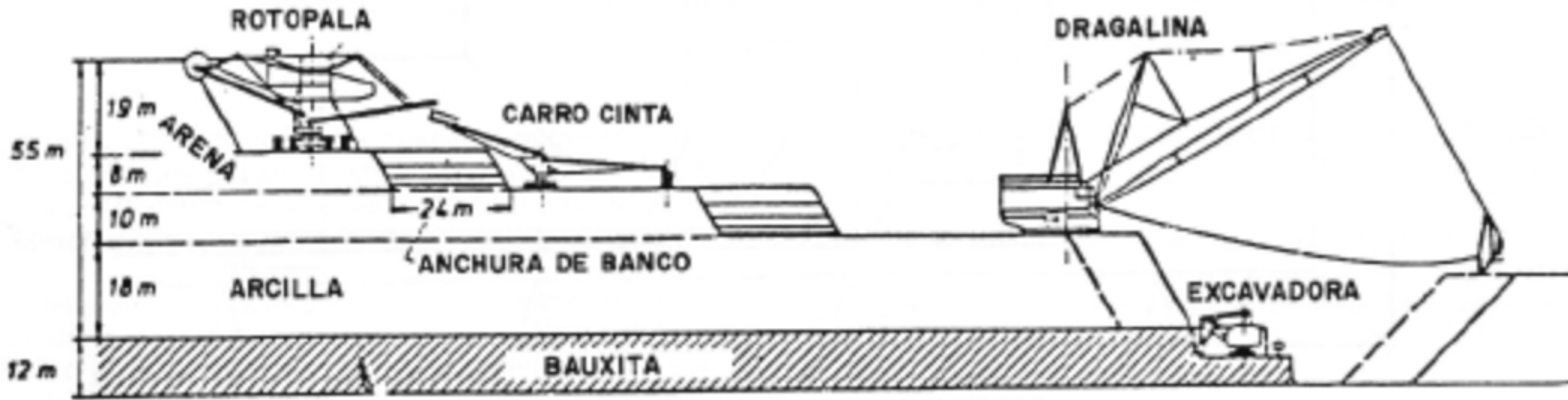
OPERACIÓ

El transport del mineral a l'exterior de la mina es realitza, en general, amb **bolquets**, o amb ferrocarril o amb casos més rars per cintes alimentades a través de **tremuges**, sent necessari en qualsevol cas una gran infraestructura minera, el disseny ha d'estar íntimament relacionat amb el sistema de transport.



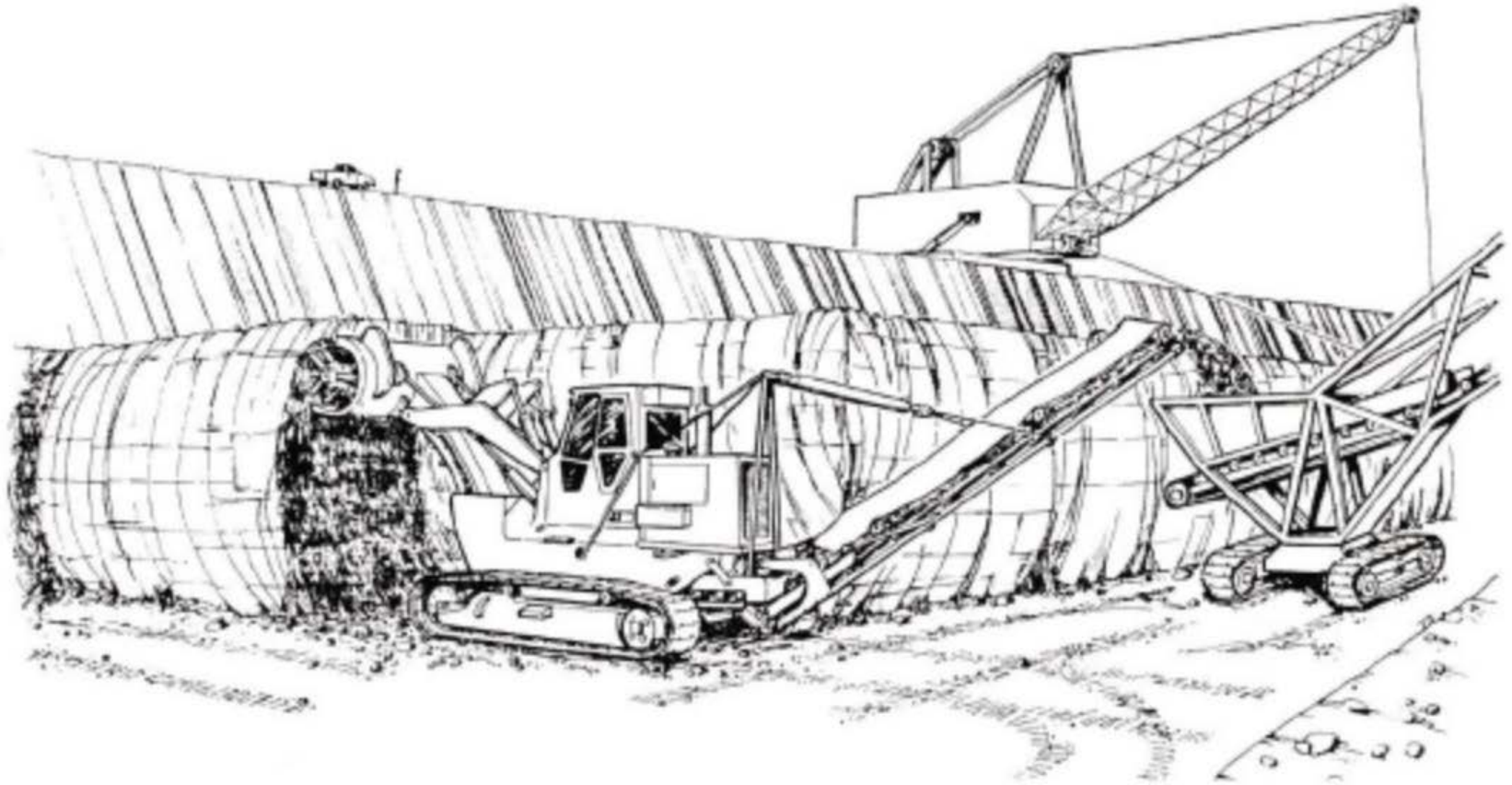
SISTEMA AMERICÀ - DESCOBERTA

SISTEMES COMBINATS



SISTEMA AMERICÀ - DESCOBERTA

SISTEMES COMBINATS



Combinación de método de descubierta con la utilización de un minador de ataque frontal y transporte continuo

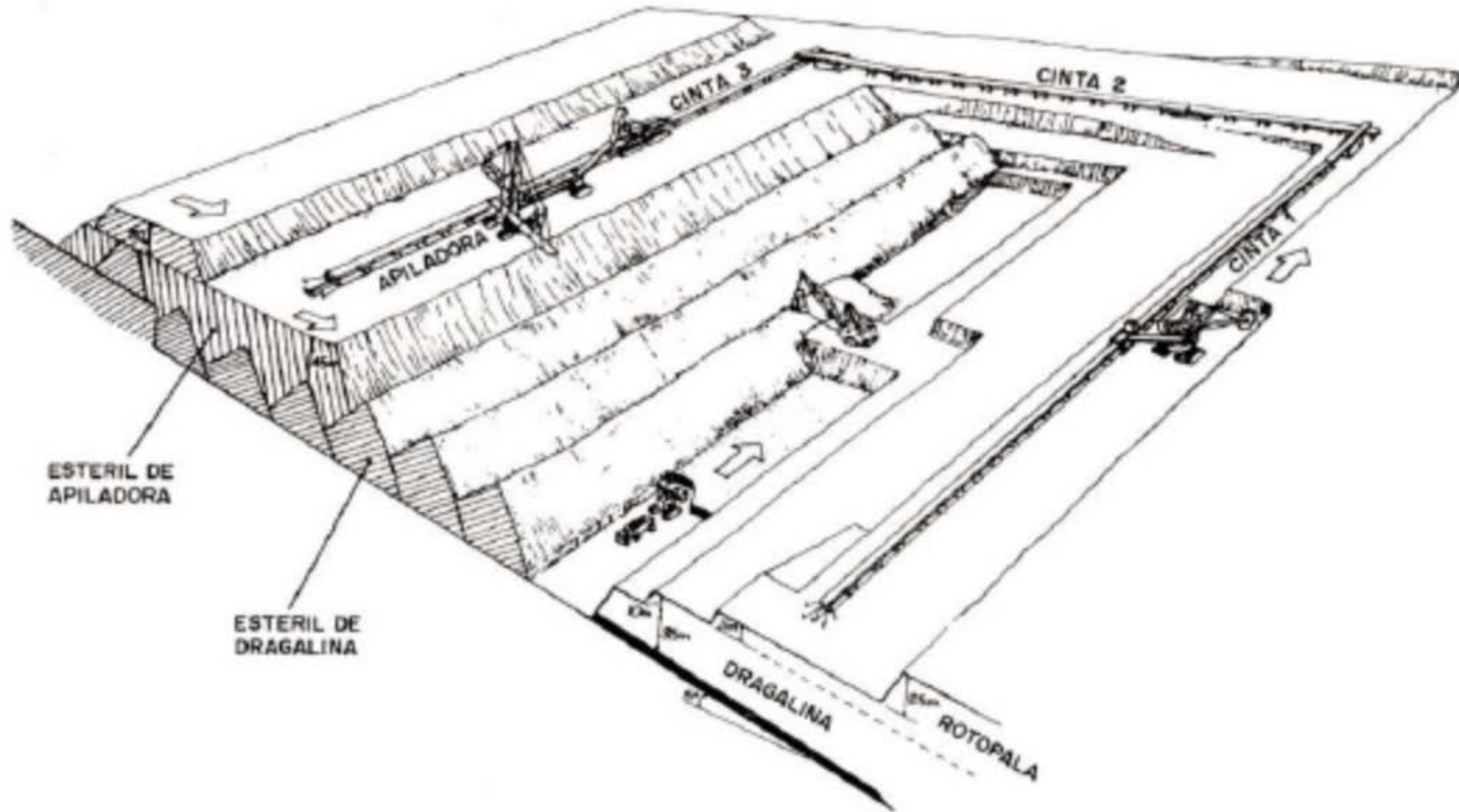


UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

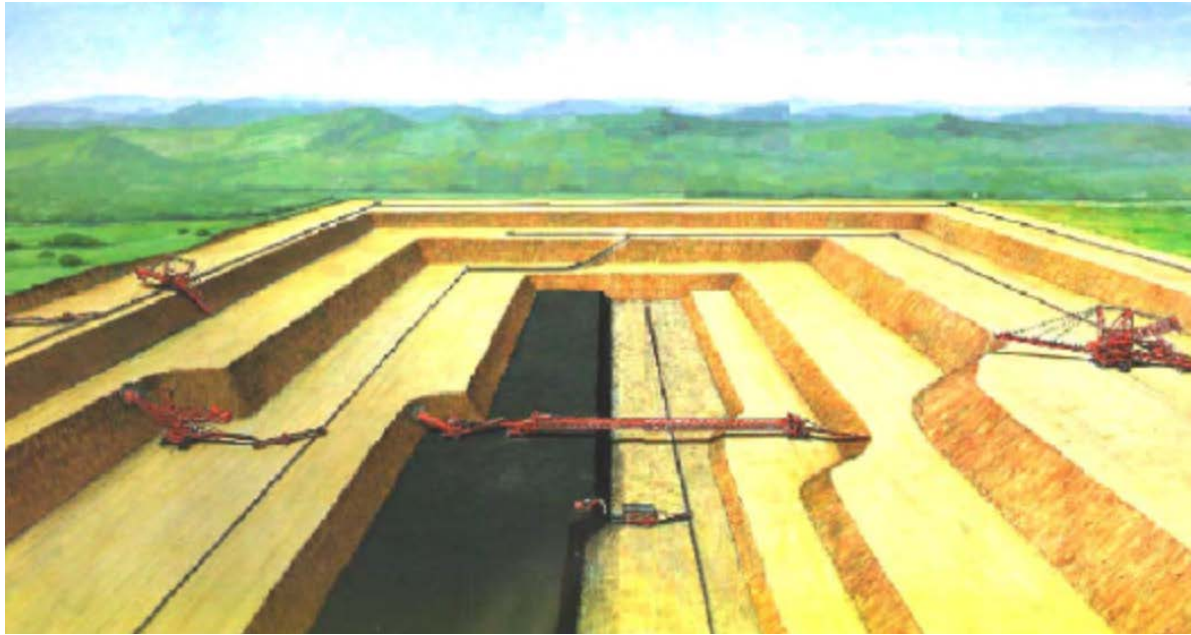
Campus d'Excel·lència Internacional

SISTEMA AMERICÀ - DESCOBERTA

SISTEMES COMBINATS



SISTEMA ALEMANY - TERRASSES



Es tracta de l'altre gran sistema emprat en la mineria de transferència i s'utilitza, gairebé exclusivament, en els jaciments de lignits o de minerals molt tous.

El sistema de rotopales és emprat des de fa decennis en les mines de lignit alemanyes, pel que és conegut amb el nom de “**sistema alemany**”.

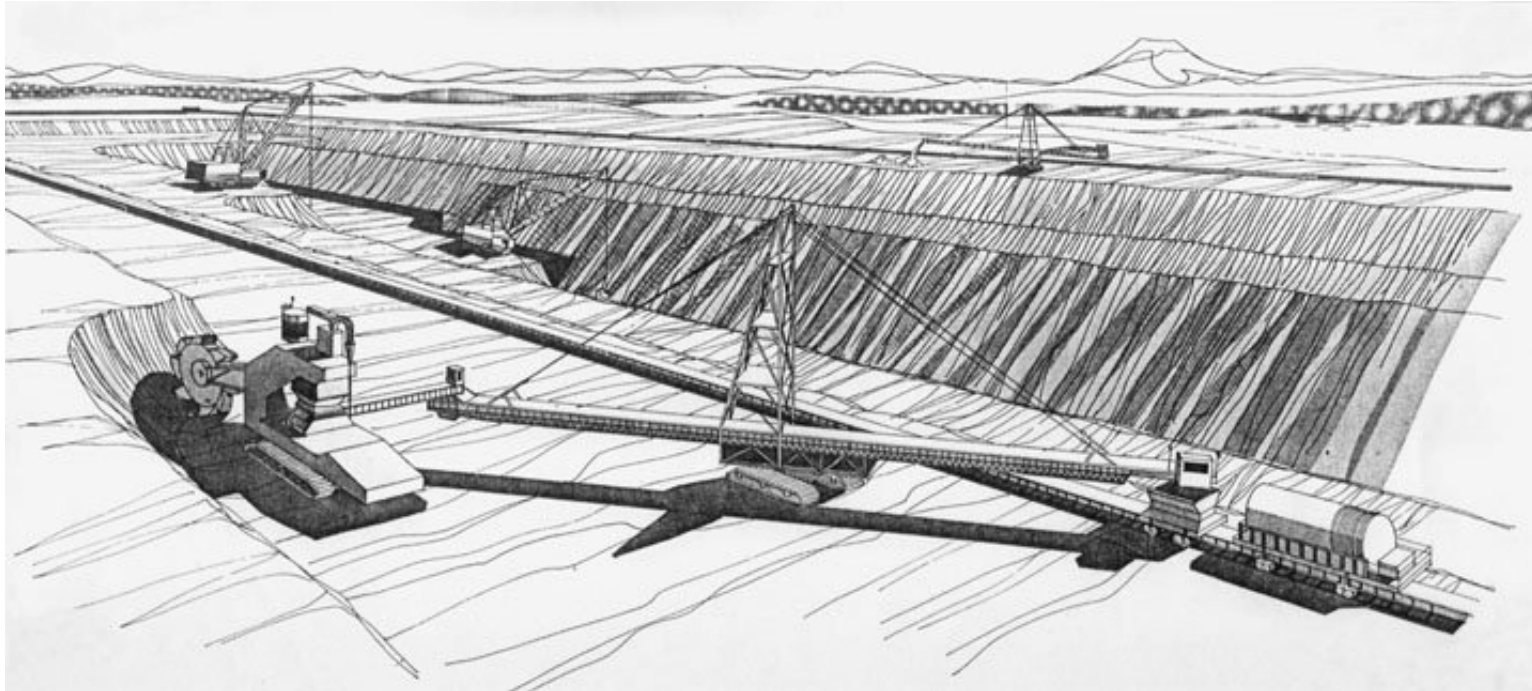


SISTEMA ALEMANY - TERRASSES

1. Es basa en una mineria de talús amb avanç unidireccional.
2. S'aplica a dipòsits horitzontals d'una o diverses capes amb recobriments potents que obliguen a dipositar el estèril en el buit creat.
3. S'utilitza en tots els tipus de mineral, encara que el seu desenvolupament i importància l'ha adquirit en els jaciments de combustibles sòlids (carbó).
4. Les produccions poden arribar a 45 Mt/año de mineral i profunditats d'explotació superiors als 300 m.
5. La majoria de les operacions es caracteritzen pel baix valor dels minerals, per això és essencial controlar la viabilitat econòmica del projecte.



SISTEMA ALEMANY - TERRASSES



Operació:

1. Frente de trabajo	Recto
	Semicírculo
2. Vertido de estéril	Directo al hueco
	Indirecto al hueco
	Exterior al área minada
3. Sistema de transporte	Cinta transportadora
	Ferrocarril
	Volquete



SISTEMA ALEMANYY - TERRASSES



- 1) Els **fronts rectes** és la més pròpia per a l'arranc selectiu d'aquells estrats de petita potència
- 2) El **front en semicercle** ho és per a l'arrencada dels estrats de gran espessor.

L'avanç espectacular aconseguït en els últims anys en el disseny i construcció de cintes transportadores ha aconseguït que la variant de l'explotació en fronts rectes, sigui avui la qual s'implanta majorment en les mines de nova obertura.



SISTEMA ALEMANYY - TERRASSES



- 3) Sempre que es pugui s'ha de tendir a l'abocament directe del estèril en el buit obert per l'explotació. D'aquesta manera:
- S'emplena la cavitat oberta a l'excavació, reconstituïnt la topografia de la zona.
 - S'abarateixen els costos, ja que la distància a l'abocador exterior és generalment menor.



PEDRERES- QUARRY



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional

PEDRERES- QUARRY

El terme pedrera engloba a les explotacions superficials que:

1. Tenen una grandària petita, una escassa tecnificació i baixes produccions.
2. Tradicionalment comptaven amb un o dos bancs o de banc únic de gran alçada.
3. Són encara bastant anàrquiques en les seves formes i plantejaments.
4. Estan destinades a subministrar materials abundants d'origen mineral i d'escàs valor econòmic.
5. Exploten un jaciment en el qual hi ha pocs problemes de reserves, esgotament o de selecció del material per haver suficients recursos a escala global o local.
6. El jaciment té una qualitat natural adequada per les exigències del mercat.



PEDRERES- QUARRY

- Pedreres és el terme genèric que s'utilitza per referir-se a les explotacions de roques industrials i ornamentals.
- Són petites explotacions pròximes als centres de consum, a causa del valor relativament escàs que tenen els minerals extrets.



PEDRERES- QUARRY

Són extraccions on es vol obtenir un tot-un fragmentat i apte per alimentar la planta de tractament i obtenir un producte destinat a la construcció.



CLASSIFICACIÓ

- Les pedreres d'àrids (tot-ú, materials de rebliment, esculleres, asfalts, formigons, etc), incloent també en aquest grup a les graveres.
- Les pedreres de roca ornamental (pissarres, granits, marbres, etc).
- Les pedreres de roques i minerals industrials (ciments, totxanes, ceràmica i vidre, etc).



ÀRIDS

Les substàncies denominades "àrids de construcció" poden definir-se com els materials que compleixen les següents condicions:

1. Ser materials minerals.
2. D'origen natural o artificial.
3. De caràcter sòlids i més inerts.
4. Dimensionats a les granulometries i formes adequades.



ÀRIDS

5. Utilitzats, mitjançant la seva barreja íntima amb aglomerants d'activació hidràulica (cals, ciments, etc.) o amb lligants bituminosos, per a la fabricació de:
- Formigons.
 - Productes artificials resistents.
 - Aglomerats asfàltics.
 - Tot-ú per a la construcció de bases i sub-bases granulars, bases estabilitzades, etc. en construcció d'obres d'infraestructura.
 - Balasts, sub-balasts i gravetes per a les vies de ferrocarril.
 - Escullera com a element de protecció enfront de l'erosió marina, fluvial o eòlica.
 - Farcits de divers tipus.
 - Matèries primeres per a la indústria:
 - Ciment i guixos.
 - Arenas per filtres, motlles.
 - Càrregues per fabricació de pintures, paper, micronitzats, etc.



ÀRIDS

Segons la seva procedència i procés d'obtenció, es estableix la següent classificació:

1. Àrids naturals.
2. Àrids artificials.
3. Àrids reciclats.
4. Àrids lleugers.
5. Assimilats a àrids.



ÀRIDS NATURALS

1. Àrids granulars, obtinguts bàsicament de graveres i on el material extret s'utilitza després de patir un rentat i una classificació.
2. Àrids de matxucat, obtinguts a partir de la trituració, mòlta i classificació de diferents roques de pedrera.



ÀRIDS ARTIFICIALS

Constituïts per subproductes o residus de processos industrials, com són les escòries siderúrgiques, les cendres volàtils de la combustió del carbó, estèrils miners, etc.



ÀRIDS RECICLATATS

Procedents de materials de demolició i enderroc d'edificacions (formigons, ceràmics, etc.) i/o d'estructures de fers antics, etc.



ÀRIDS LLEUGERS

Productes naturals o artificials que s'usen per a la obtenció de peces o elements d'obra de baix pes i/o aïllants. Densitat aparent inferior a 1000 kg/m^3 , normalment entre $400\text{-}800 \text{ kg/m}^3$ (puzolanes, perlites, vermiculites, ...).



ASSIMILATS A ÀRIDS

Es distingiran en aquest cas:

1. Materials de préstec, utilitzables sense modificació de les seves característiques naturals o amb petites modificacions d'addició de productes estabilitzants o tractaments mecànics en la construcció de terraplens i pedraplens fonamentalment.
2. Materials d'escullera, natural o artificial, constituït per blocs de formes i característiques variables en funció de les condicions i especificacions de l'obra.



ÀRIDS SEGONS MIDA

Nombre	Tamaño en mm
Escollera	> 200
Cantos gruesos	100 - 200
Cantos medios	20 - 100
Grava	2 - 20
Arena	0,02 - 2
Limo	0,002 - 0,02
Arcilla	< 0,002



TIPUS DE PEDRERES

PEDRERES

Es reserva el terme pedrera a aquelles explotacions on els materials beneficiables s'extreuen d'un massís rocós, generalment competent:

- Pedreres en terrenys horitzontals
- Pedreres en vessant
- "Superquarries" (Supercanteres)
- Pedreres subterrànies

GRAVERES

Es denominen així a aquelles explotacions d'àrids naturals granulars i es distingiran:

- Graveres seques
- Graveres amb explotació sota làmina d'aigua
- Graveres amb rebaixament del nivell freàtic



TIPUS DE PEDRERES

Pels materials procedents de les graveres es aplicar uns sistemes d'arrencada directe, cada dia més semblants als de la mineria hidràulica com les dragues flotants o les dragalines (molt poc utilitzades Catalunya).

Per als materials de pedrera, les tècniques de perforació i voladura, com arrencada, i de càrrega amb pales sobre bolquets, són comparables amb les cortes, si bé es tendeix a l'ús de plantes de trituració mòbils en el propi banc de explotació per abaratir el cost operatiu.

Per als materials fins i argilosos l'arrencada pot ser directe en tenir una resistència a la compressió, en general, inferior als 100 kg/cm^2 , i podem fer ús de sistemes continus de explotació semblants a les descobertes, amb la possibilitat per tant de fer una bona restauració del terreny després de l'extracció de l'àrid o argila.



TIPUS: PEDRERES EN TERRENYS HORIZONTALS

Les tasques s'inicien en forma de trinxera, fins assolir la profunditat del primer nivell, eixamplant a continuació el buit creat.

L'ampliació del buit en superfície pot compaginar amb l'aprofundiment, compensant distàncies de transport.



TIPUS: PEDRERES EN TERRENYS HORIZZONTALS

Avantatges:

- Un cop excavat un forat amb les suficients dimensions, és possible instal·lar la planta de tractament dins d'aquest, aconseguint un menor impacte i una menor ocupació de terrenys.
- Permeten projectar la pista general de transport en una posició que no hagi de moures en molt de temps.
- Permeten la instal·lació d'un sistema de cintes transportadores.

Desavantatges:

- Fonamentalment la necessitat d'efectuar el transport de materials contra pendent.
- Majors costos en el dimensionament adequat dels sistemes de drenatge i bombament per mantenir seca l'exploració.



TIPUS: PEDRERES EN VESSANT

Aquestes explotacions són les més nombroses i es caracteritzen per un gran nombre de bancs, encara que fins fa pocs anys la tendència era treballar amb pocs bancs molt alts.

Segons la direcció dels treballs d'excavació, poden distingir les següents alternatives:

1. Avanç frontal i front de treball d'alçada creixent.
2. Excavació descendent i abandonament del talús final als bancs alts
3. Avanç lateral i abandonament del talús final



TIPUS: PEDRERES EN VESSANT

Avanç frontal i front de treball d'alçada creixent

- ❑ És l'alternativa més freqüent per la facilitat d'obertura de les pedreres i la mínima distància de transport inicial fins a la planta de tractament.
- ❑ El front de treball està sempre actiu, excepte en alguna petita zona.
- ❑ El front és progressivament més alt, pel que és inviable procedir a la restauració dels talussos fins que no finalitzi l'explotació.



TIPUS: PEDRERES EN VESSANT

Excavació descendent i abandonament del talús final als bancs alts

- ❑ Permet iniciar la restauració amb antelació i des dels bancs superiors fins els de menor cota.
- ❑ Requereixen una definició prèvia del talús final i, consegüentment, un projecte a llarg termini.
- ❑ Exigeixen tenir tota la infraestructura viària per accedir als nivells superiors des del principi i obliga a una major distància de transport en els primers anys del vida.



TIPUS: PEDRERES EN VESSANT

Avanç lateral i abandonament del talús final

- ❑ Es pot dur a terme quan la pedrera té un desenvolupament transversal reduït, aprofundint poc al vessant, però amb una avanç lateral ampli.
- ❑ Permet recuperar talussos finals una vegada excavat el buit inicial, així com fer rebliments parcials
- ❑ Permet mantenir de forma constant la distància de transport sempre que la instal·lació es trobi en el centre pedrera.



SUPER PEDRERES - SUPERQUARRIES

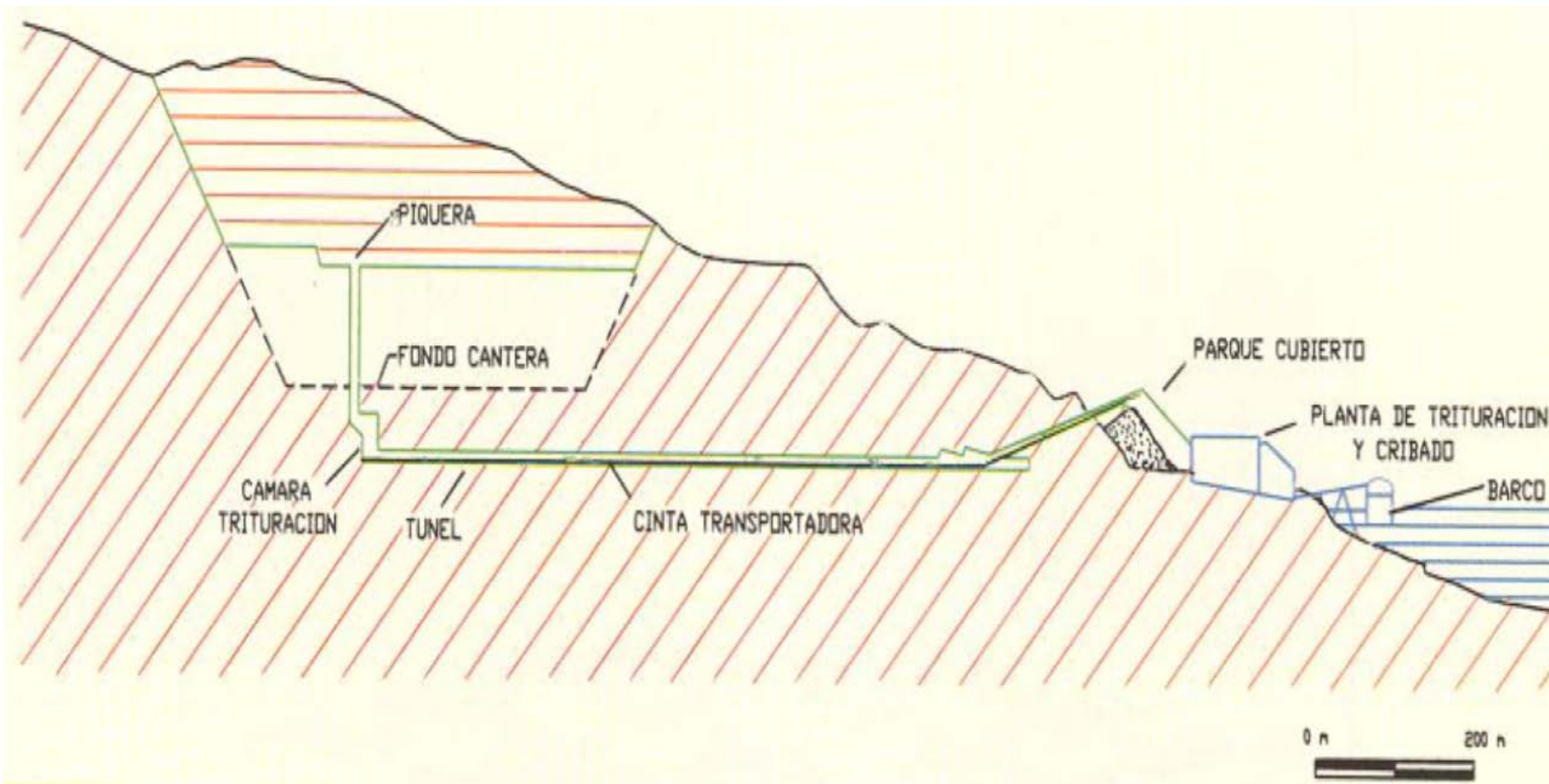
Tenen el seu origen en l'estratègia d'algunes companyies d'àrids a reduir costos i evitar els inconvenients de la tramitació d'obertura de noves explotacions.

El seu fonament es basa en els següents principis bàsics:

- ❑ Localització d'un jaciment prou gran i amb materials de l'adequada qualitat.
- ❑ Entorn natural de baixa qualitat per originar el menor impacte ambiental.
- ❑ Ritmes de producció d'entre 5 i 20 Mt/any per aprofitar els efectes de les economies d'escala en els costos d'operació



SUPER PEDRERES - SUPERQUARRIES



SUPER PEDRERES - SUPERQUARRIES

- ❑ A prop de vies de comunicació terrestres o marítimes.
- ❑ Més eficiència i control de les operacions, que es tradueixen en alts rendiments.
- ❑ Utilització del mètode de "corta", amb arrencada per perforació i voladura, trituració dins de la mateixa corta amb equips mòbils i semimòbils, i extracció per banda transportadora a través de túnels fins a la planta.
- ❑ Obliga a l'abandonament de reserves i a la realització de tasques subterrànies, però permet un menor impacte ambiental.
- ❑ Les profunditats projectades arriben a superar els 200 m, pel que és possible plantejar dues seqüències d'avanç:
 1. La primera consisteix a explotar des dels bancs més alts als més baixos, però cada vegada un nivell en tota la seva extensió i portant fins a la situació de talús final
 2. La segona consisteix a configurar diversos bancs amb vista a aprofitar el descens per gravetat i reduir el nombre de pistes a construir i conservar.



PEDRERES SUBTERRÀNIES

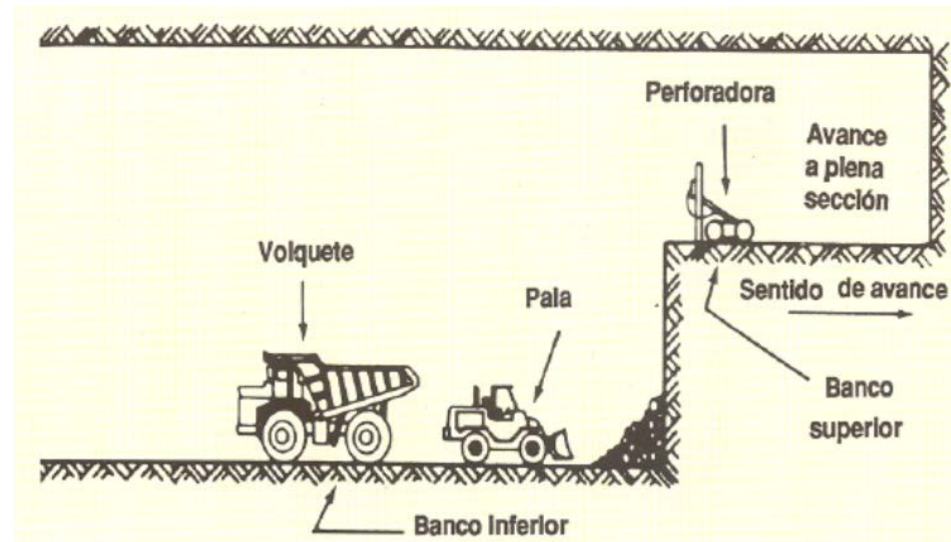
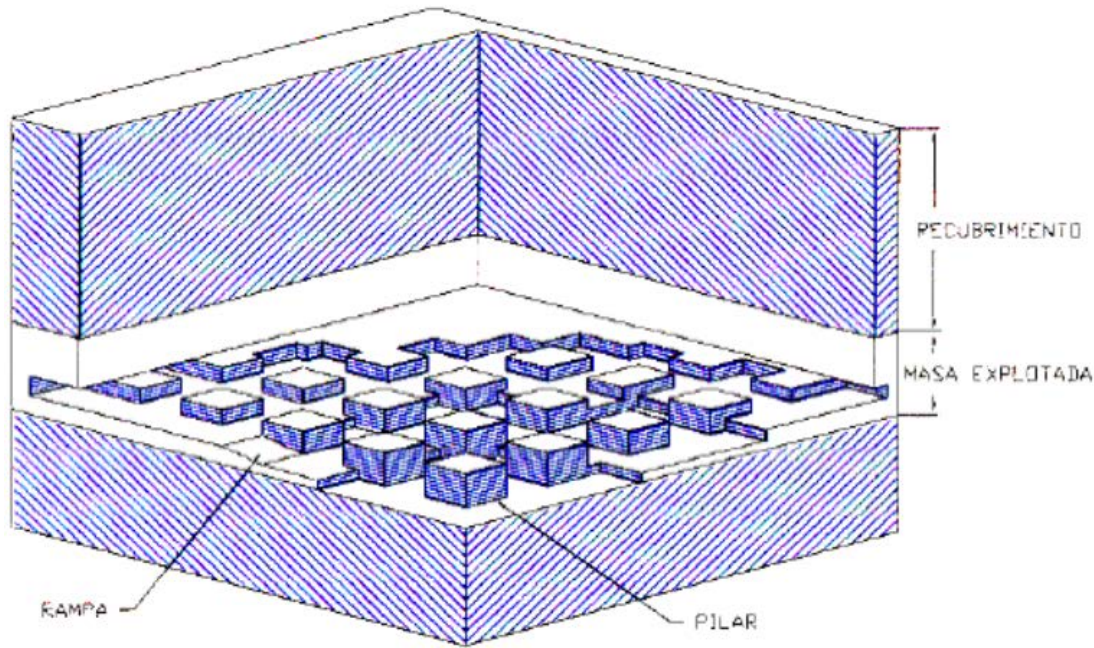
Aquest tipus d'explotacions es constitueixen en una alternativa a tenir en compte, per la seva major cost, només en casos especials:

1. Escassetat de recursos geològics
2. El estèril de recobriment del jaciment creix
3. Existència d'importants restriccions ambientals

Al llindar econòmic de viabilitat ha de considerar el possible benefici derivat de l'aprofitament dels buits subterranis.



PEDRERES SUBTERRÀNIES



PEDRERES SUBTERRÀNIES

El projecte d'una pedrera subterrània de prestar atenció als següents apartats:

Mètodes d'exploració

- Depèn de la morfologia, potència i inclinació, característiques geomètriques de parets laterals i massa explotable, costos de arrencada, infraestructura, característiques de la roca, etc.
- És freqüent la utilització del mètode de càmeres i pilars gràcies a les bones característiques geomecàniques de les formacions que en general s'utilitzen per la trituració i obtenció d'àrids.

Equips miners

En molts casos molt similars als de superfície, fonamentalment a causa de les avantatges de l'estandardització de recanvis amb altres pedreres:

1. Proporcionant un menor cost d'inversió.
2. Major experiència en l'ús.
3. Més fàcil de manteniment.
4. Major disponibilitat dels equips.
5. Major capacitat de producció per unitat de capital invertit.



PEDRERES SUBTERRÀNIES

Accessos a la pedrera

Fonamentalment mitjançant túnels o rampes. Els pous pràcticament no s'utilitzen per seu alt cost d'inversió i de desenvolupament.

Tècniques de sosteniment

Bàsicament amb col·locació de bulons, cables d'ancoratge, platines bulonades, gunitat, etc, depenen de les característiques de la roca i l'adequat dimensionament dels pilars. Suposen un cost addicional que, en molts casos és molt important.

Ventilació

En alguns casos és natural, ha d'estar adequadament dimensionada per la ràpida evacuació de fums i gasos generats pel funcionament dels equips mecànics i les voladures.



PEDRERES SUBTERRÀNIES

Avaluació de les possibilitats d'aprofitament i usos de l'espai subterrani

La consideració pot ajudar a compensar les majors despeses de producció i completar els projectes miners amb usos més racionals.

Generalment, les cavitats obertes presenten com característiques més significatives:

1. Temperatura pràcticament constant al llarg de tot l'any.
2. Localització propera o sota àrees densament poblades
3. Valor econòmic del sòl considerablement alt
4. Reduït cabal d'aigües subterrànies quan els massissos tenen discontinuïtats, etc.

Per això, moltes pedreres subterrànies estan sent aprofitades amb finalitats tan diverses com el emmagatzematge de substàncies perilloses, la construcció de aparcaments, tallers, magatzems, oficines, etc.



PEDRERES SUBTERRÀNIES

Finalment, en alguns casos però també és veritat que cada vegada més sovint, és possible que en la necessària avaluació global del projecte, entri en consideració el pas de les roques i àrids a ser considerats una substància mineral (Commodity) capaç de viatjar i fins i tot de creuar l'oceà sempre que la qualitat del producte pugui compensar el major cost del transport.

Aquest és el cas de les actuals exportacions d'àrids des Irlanda i Escòcia cap als EUA, o de Suïssa i França cap a Holanda, i de Veneçuela que exporta escullera a la zona del golf dels EUA com ja s'ha indicat abans



GRAVERES SEQUES

Consisteixen en excavacions tridimensionals fins arribar al fons previst o llit del dipòsit de grava i sorres. Aquestes explotacions es localitzen en les **terrasses altes dels dipòsits fluvials i es treballa sempre per sobre del nivell del riu o, si cas, del nivell freàtic.**

Segons la profunditat, l'avanç es realitza amb un front únic o escalonat en diversos bancs.

La maquinària emprada és típica de qualsevol explotació a cel obert, sent l'habitual les retroexcavadores o les pales carregadores sobre rodes, ja que són màquines que presenten l'avantatge d'una major accessibilitat visual dels materials que s'extreuen i unes millors condicions de treball dels equips miners.



GRAVERES SOTA EL NIVELL DE L'AIGUA

En aquestes explotacions el nivell freàtic es troba molt pròxim a la superfície o a una certa profunditat quan el paquet productiu és de gran potència. Per això, l'extracció es realitza totalment o parcialment sota l'aigua.



GRAVERES SOTA EL NIVELL DE L'AIGUA

En la majoria dels casos es porta **un sol banc amb una alçada igual a la de la profunditat del buit inundat**. Només quan la part alta del dipòsit es troba seca, l'extracció es fa amb un mètode mixt, podent emprar equips diferents en cada zona.

Els més comuns són dragalines, culleres d'arrossegament i retroexcavadores.

El principal inconvenient està en la manca de visió sobre els materials que s'extreuen i, consegüentment, les pèrdues o la contaminació d'aquests materials per argiles o llims. Aquest mètode pressuposa que pràcticament tots els terrenys afectats seran abandonats com llacs, arribant-se a omplir parcialment algunes zones.



GRAVERES AMB REBAIX DEL NIVELL FREÀTIC

El mètode es basa en la depressió del nivell freàtic mitjançant:

1. Conjunt de pous de bombament perimetrals a l'àrea d'explotació
2. Xarxa de rases excavades per sota del nivell d'extracció
3. Pantalles de impermeabilització

En qualsevol cas, requereix disposar i mantenir un equip permanent de bombes per mantenir el nivell d'aigua a l'altura desitjada.

La quantitat d'aigua que cal bombar pot arribar a ser notable a causa de l'alta conductivitat hidràulica i ràdios d'influència de diversos centenars o milers de metres.



GRAVERES AMB REBAIX DEL NIVELL FREÀTIC

Avantatges

- Millors condicions de treball dels equips convencionals d'extracció en estar el material drenat.
- Major precisió en l'extracció en poder-se veure el contacte entre materials de diferents característiques.
- Millor aprofitament del dipòsit en poder-se observar el fons del jaciment.

Inconvenients

- La inversió en equips de bombament i xarxa de captació d'aigua, rases i pous.
- El cost d'extracció de l'aigua durant l'operació.
- Els problemes d'abocament i de control d'un gran cabal d'aigua a una llera pròxima o buits excavats anteriorment, que poden requerir un tractament de les aigües.
- Risc de retorn de l'aigua cap a l'àrea de treball per filtració a través del propi aquífer.



CRITERIS D'EXPLOTACIÓ I DISSENY

El procediment per realitzar l'explotació queda configurat per l'aplicació d'uns paràmetres o criteris de disseny de l'excavació que permeten assolir unes produccions programades de roca i estèril de la manera més econòmica possible i en condicions de seguretat.



DEFINICIONS

- **BANC:** És el mòdul o esglaó comprès entre dos nivells que constitueixen la llesca que s'explota de estèril o mineral, i que és objecte d'excavació des d'un punt de l'espai fins a una posició final preestablerta.
- **ALÇADA DE BANC:** És la distància vertical entre dos nivells, o el que és igual, des del peu del banc fins a la part més alta o cap del mateix.



DEFINICIONS

- **AMPLADA DE FRONT D'EXPLOTACIÓ:** Ve establerta per l'amplada mínima del banc de treball, i és la suma dels espais necessaris per al moviment de la maquinària que hi treballa simultàniament. Sempre serà necessari deixar de l'ordre de 1,5 m més com a amplada de seguretat fins a la vora del banc.
- **TALÚS DE BANC:** És l'angle delimitat entre l'horitzontal i la línia de màxim pendent de la cara del banc.



DEFINICIONS

- **TALÚS DE TREBALL:** És l'angle determinat pels peus dels bancs entre els quals es troba algun dels fronts de treball.
- **PISTES:** Són les estructures viàries dins d'una pedrera a través de les quals s'extreu el recurs.
- **BERMES:** Són plataformes horitzontals de treball entre els bancs a excavar.
- **TALÚS FINAL D'EXPLOTACIÓ:** És l'angle del talús estable delimitat per l'horitzontal i la línia que uneix el peu del banc inferior i el cap del superior.



FASES DE L'EXPLOTACIÓ

1. ESBROSSADA I TALA
2. RETIRADA RECOBRIMENT
3. ARRENCADA
4. TRANSPORT INTERN
5. PROCESSAMENT
6. COMERCIALITZACIÓ
7. TRANSPORT EXTERN
8. EMMAGATZEMATGE



DESBROSSAMENT I TALA

- Consisteix en desbrossament i arrencada dels arbustos i arbres que configuren la vegetació de la zona d'explotació.
- S'eliminaran les branques i mala herba procedint a la seva transformació en adob tipus compost per utilitzar en la fase de restauració.
- Les runes i altre material de rebuig serà utilitzat com a material de farciment.
- Les ferralles, plàstics i altres materials no biodegradables, seran evacuats fora de l'àrea d'afecció i dipositats en abocador autoritzat.



RETIRADA RECOBRIMENT

- És l'activitat que permet retirar tot el material de recubriment (generalment el sòl) i deixar el material útil llest perquè sigui arrencat per qualsevol dels mitjans, sigui per perforació o voladura (roques dures), o mitjançant retroexcavadora, bulldòzer amb ripper (roques suaus).



ARRANC

- Consisteix en cas de roques dures, procedir a la perforació de bancs descendents amb l'ajuda de màquines de perforació i procedir a la voladura amb l'ús d'explosius.



ARRANC

- En el cas de roques no dures, l'arrencada es realitza de manera directa, per a això s'utilitza excavadors que arranquen la roca perquè després sigui carregat als bolquets.



PEDRERES DE ROCA ORNAMENTAL - QUARRY

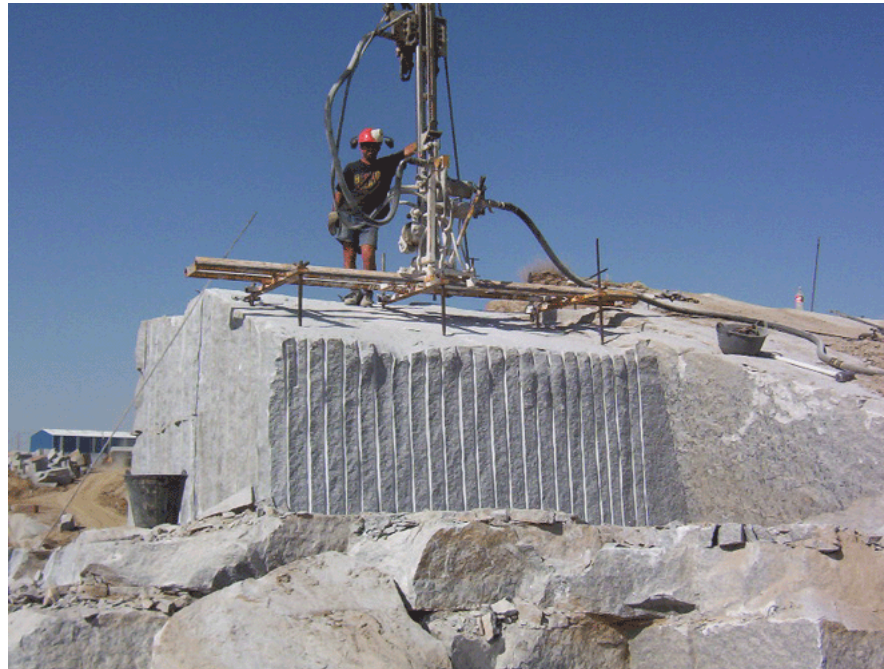


UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional

PEDRERES DE ROCA ORNAMENTAL - QUARRY

Es basa en l'extracció acurada de grans blocs que posteriorment es tallaran i s'elaboraran.



PEDRERES DE ROCA ORNAMENTAL - QUARRY



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH**

Campus d'Excel·lència Internacional

TIPUS DE ROCA ORNAMENTAL

La divisió comercial més comunament acceptada en la indústria de la roca ornamental es fa atenent a la seva duresa o resistència al tall i cisallament, i a les seves aplicacions:

- **Grup de les pissarres.** Està constituït per materials relativament tous, la gènesi ha estat **sedimentària, evaporítica** i en algun cas metamòrfica, però en general amb unes resistències a la compressió **menors de 400 kg/cm² (40 MPa)**.
- **Grup dels marbres.** Es tracta de materials d'origen majoritàriament **metamòrfic o**, en algun cas igni alterat, i amb unes resistències **inferiors a els 1.000 kg/cm² i superiors a els 400 kg/cm²**.
- **Grup dels granits.** Està constituït per granits poc alterats, pòrfirs, diorites, sienites, etc. En general roques d'un **origen igni**, i amb unes resistències que poden ser **superiors als dels 2.000 kg/cm² (200 MPa)**.
- **Altres pedres** (gresos, quarsites, calcàries fossilíferes, alabastres, etc).



TIPUS DE ROCA ORNAMENTAL



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional

TIPUS D'EXPLOTACIONS

Pedreres en fossat sobre terrenys plans

❑ **Pedreres en fossat i extracció per grues.**

Són explotacions totalment confinades per talussos laterals verticals i on l'extracció de blocs i estèrils es realitza amb grues, realitzant l'accés del personal mitjançant escales ancorades en els paraments.

❑ **Pedreres en fossa i rampes d'accés construïdes amb materials estèrils.**

Aquestes rampes connecten els diferents nivells d'extracció de la pedrera entre si. És la més freqüent per la seva major versatilitat.



TIPUS D'EXPLOTACIONS

Pedreres en vessant sobre terrenys en pendent

Són a mig vessant. En molts casos, l'extracció comença pels nivells inferiors, augmentant l'alçada i el nombre de bancs del front d'exploració. En altres casos es comença per assolir la situació final en els bancs superiors i s'aprofundeix verticalment.



TIPUS D'EXPLOTACIONS

Pedreres d'anivellament en terrenys muntanyosos

Estan emplaçades a la part alta d'un turó natural, i la seva explotació condueix a l'anivellament del terreny original, tant per la extracció com pel rebliment de les veuades amb els estèrils produïts.



TIPUS D'EXPLOTACIONS

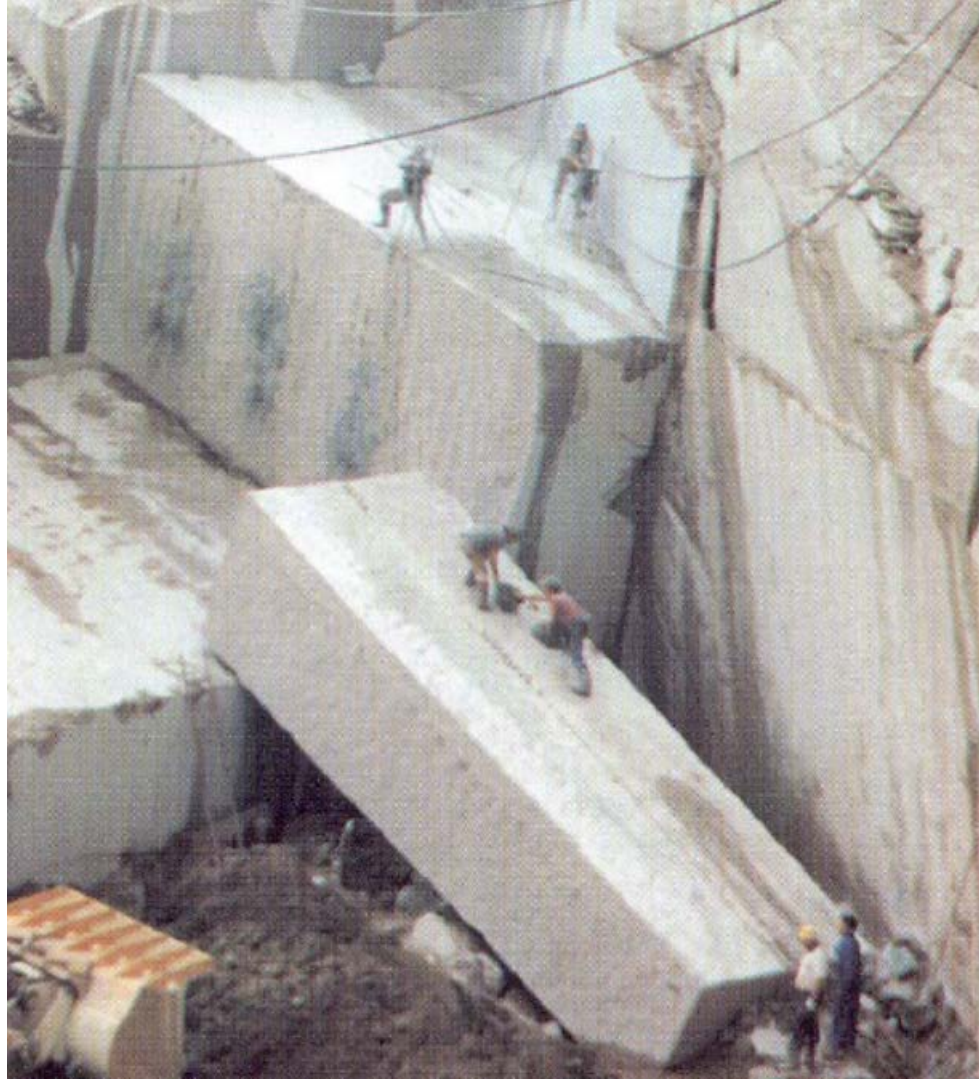
Pedreres subterrànies

Utilitzen el mètode d'explotació de càmeres i pilars, amb inici de tasques des de la plaça de pedrera exterior i obrint una galeria en la direcció d'explotació. Deixant els necessaris pilars, s'obre el buit inicial i s'explota en profunditat amb eines clàssiques.

Obeeixen a raons econòmiques, mediambientals i climatològiques.



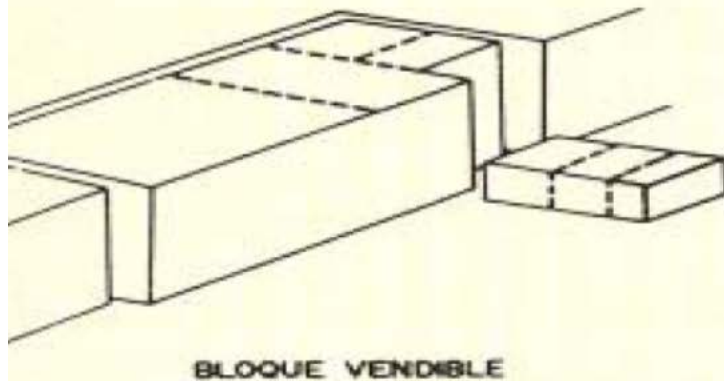
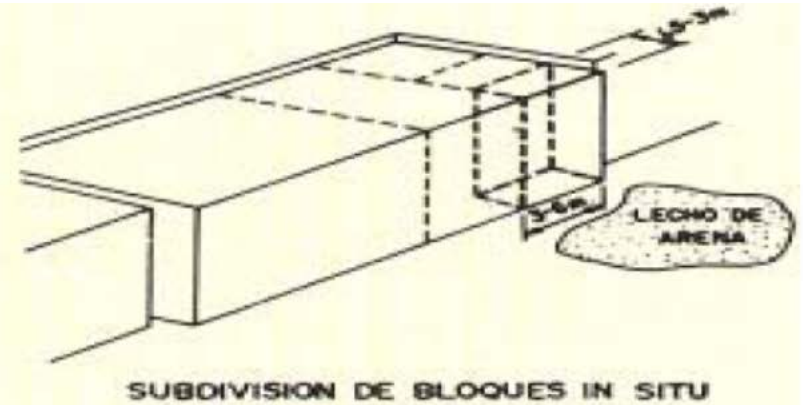
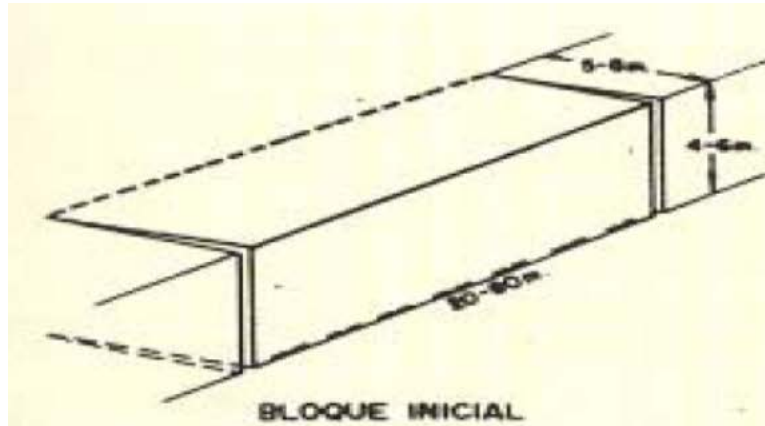
TÈCNIQUES DE TALL DE BLOCS



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional

TÈCNIQUES DE TALL DE BLOCS



TÈCNIQUES DE TALL DE BLOCS

Les dimensions finals corresponen als blocs vendibles, que són més apreciats i per això millor pagats els majors, el millor escairat i el millor acabat de les cares.

Les mides dels blocs són:

- Longitud 1,90 – 3,30 m
- Fons 1,00 – 1,50 m
- Alçada 0,90 – 1,20 m
- Volum 2-6 m³
- Pes 10-20 t



TÈCNIQUES DE TALL DE BLOCS

- ❑ Barrinades properes, amb i sense voladura.
- ❑ Tècniques de tall mecànic:
 1. Equips de tall amb fil diamantat
 2. Fregadora de braç
 3. Equips de tall amb disc
 4. Equips de tall amb raig d'aigua
 5. Utilització de falques manuals i hidràuliques
- ❑ Llança tèrmica (utilització esporàdica).



BARRINADES PROPERES, AMB I SENSE VOLADURA

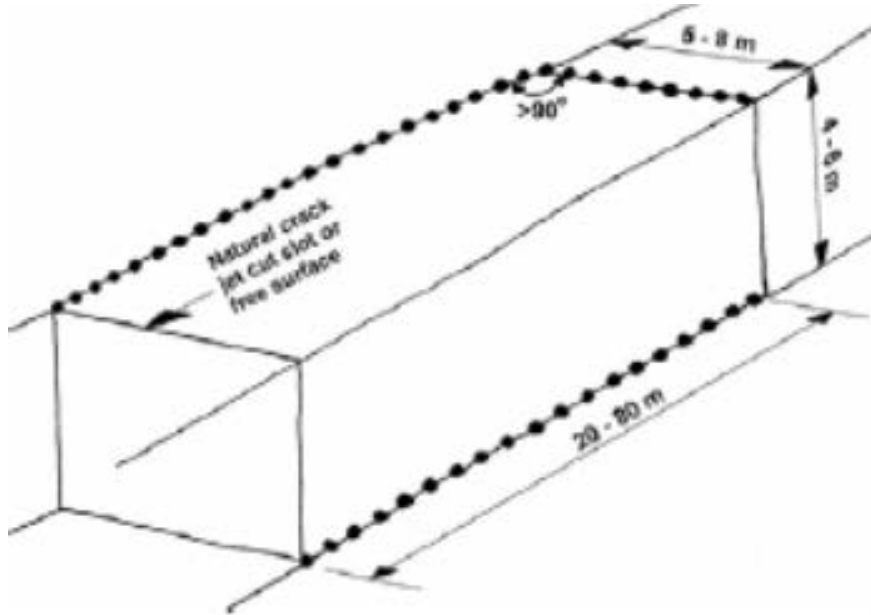
Aquesta tècnica consisteix en l'obertura d'uns **barrinades molt pròxims i paral·leles** d'un petit diàmetre per poder produir un tall a través del pla constituït mitjançant l'acció addicional d'una **pressió hidràulica, mecànica o per l'acció de la pólvora o del cordó** detonant.

Aquest sistema s'ha d'aplicar fonamentalment sobre les roques de major duresa i abrasivitat, grup dels **granits**, encara que coexisteix amb els altres sistemes, per a la resta de les roques ornamentals, on s'hauria d'utilitzar o abusar menys d'ell, per millorar el grau de recuperació i la qualitat de la roca vendible.

La figura adjunta, reflecteix la seqüència de l'arrencada, que comença amb la independització del gran bloc inicial fins a obtenir el producte o bloc vendible, en l'anomenat **sistema finlandès d'exploració** i subdivisió mitjançant la tècnica de la perforació.



BARRINADES PROPERES, AMB I SENSE VOLADURA



Fase 1.

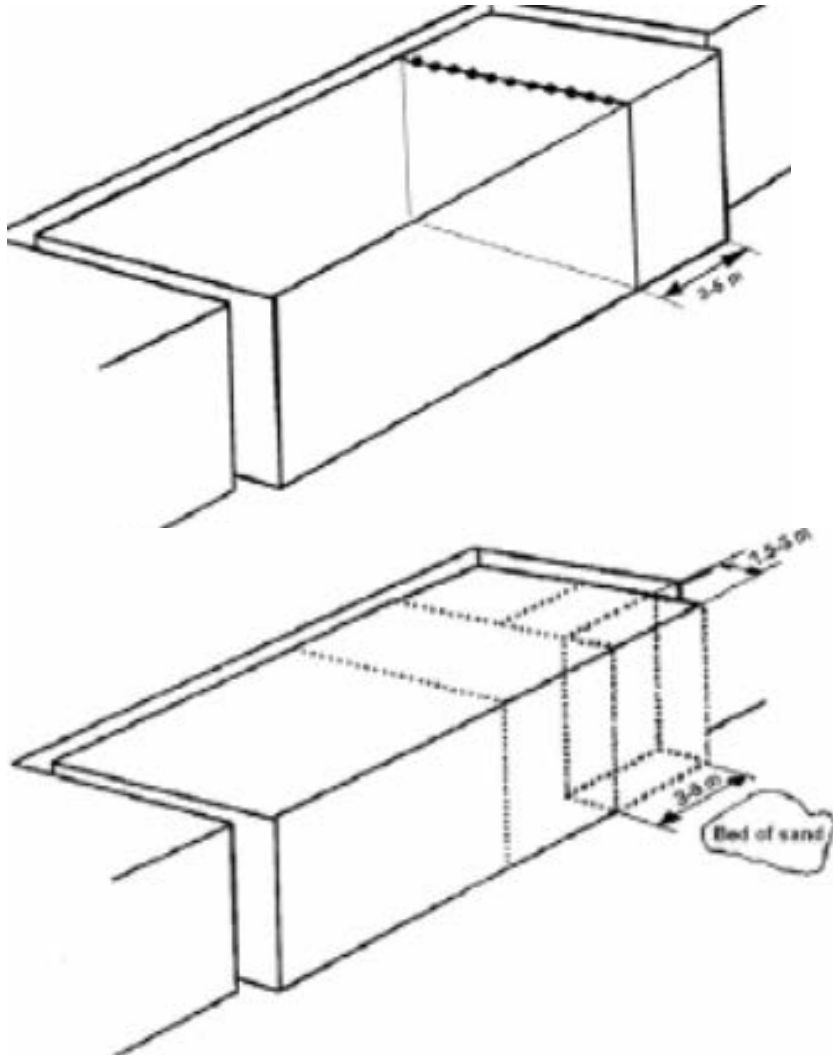
L'etapa inicial consisteix en la independització, d'un gran bloc el volum pot oscil·lar entre els 100 i els 4.000 m³.

1. Creació de dues **cares lliures en els laterals**, mitjançant la perforació d'unes barrinades amb uns diàmetres de 2 ½ "(63,5 mm).
2. Perforació vertical sobre els plans posterior i horitzontal a la base del bloc (petit diàmetre 27-36 mm), i les separacions variables d'acord amb la resistència a la fragmentació de la roca.
3. El trencament entre barrinades. Amb explosius febles o amb un cordó detonant de baix gramatge, o bé amb unes falques d'accionament hidràulic.

Plano	Diàmetro (mm)	Velocidad (ml/h)	Espesor (cm)	Rendimiento (m ² /h)
Lateral	63.50	15	5.70	0.90
Posterior	27-36	25-50	10 - 30	5 - 10
Horizontal	27-36	25-50	10 - 30	5 - 10



BARRINADES PROPERES, AMB I SENSE VOLADURA



Fase 2.

- ❑ Qualitat cada vegada millor de les cares, diàmetres i espaiat entre barrinades usar els menors valors. El volum dels blocs corresponent a aquesta fase oscil·la entre els 18 i els 100 m³. Els rendiments normals de perforació són els següents:
 - Rendiment horari 7 m²/h
 - Rendiment específic 5 ml/m³
- ❑ El trencament entre les barrinades amb explosius febles com la pólvora, el cordó detonant o mitjançant falques hidràuliques.
- ❑ El bloc ha bolcar sobre el pis de la pedrera, on es pot disposar d'un llit de sorra o bé un matalàs de goma inflable que aconseguixi esmorteir la caiguda, i evitar el seu trencament.

BARRINADES PROPERES, AMB I SENSE VOLADURA

Fases 3 i 4

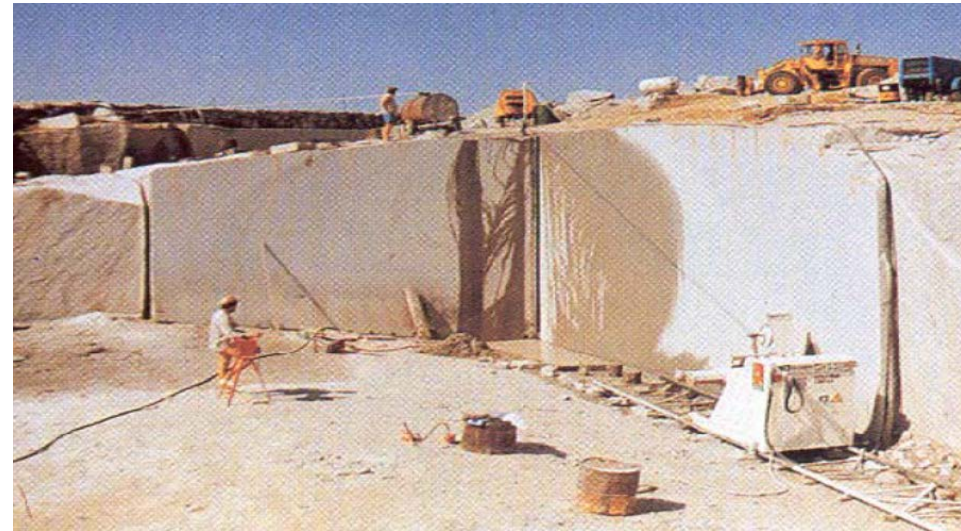
- El bloc s'ha de subdividir en unes dimensions més manipulables pels equips, amb uns volums màxims de fins a 10 m^3 pel transport posterior al taller. Els diàmetres de perforació recomanables són de uns 25 - 27 mm. Els rendiments en aquesta etapa:
 - Rendiment horari $5 \text{ m}^2/\text{h}$
 - Rendiment específic $3\text{-}15 \text{ ml}/\text{m}^3$
- El trencament entre les barrinades té lloc, en general, mitjançant l'ús de falques, accionades manualment o hidràulicament.



BARRINADES PROPERES, AMB I SENSE VOLADURA



TALL AMB FIL DIAMANTAT



Hilo diamantado para mármol



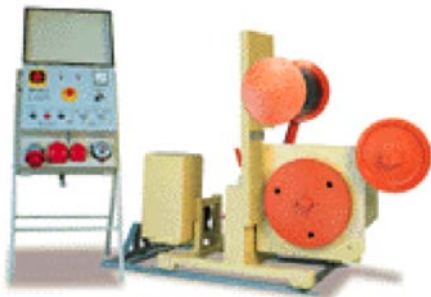
Hilo diamantado para granito



TALL AMB FIL DIAMANTAT

- Un grup motor, amb accionament elèctric, i amb potència entre 30-50 CV, amb el seu corresponent reductor que actua sobre la politja conductora del cable i que va muntat sobre un xassís mòbil sobre rails.
- Un conjunt guidor compost per dos carrils o vies sobre els quals es llisca o mou el sistema d'accionament, i amb una carrera d'uns 6 m de desplaçament, que es pot suplementar per el seu allargament paral·lel al banc.
- Uns sistemes automàtics de control electrònics d'arrencada, velocitat i tensió del cable, de parades per trencament o final de carrera, etc.

Les velocitats lineals del cable es troben en la gamma de 0-40 m/s.



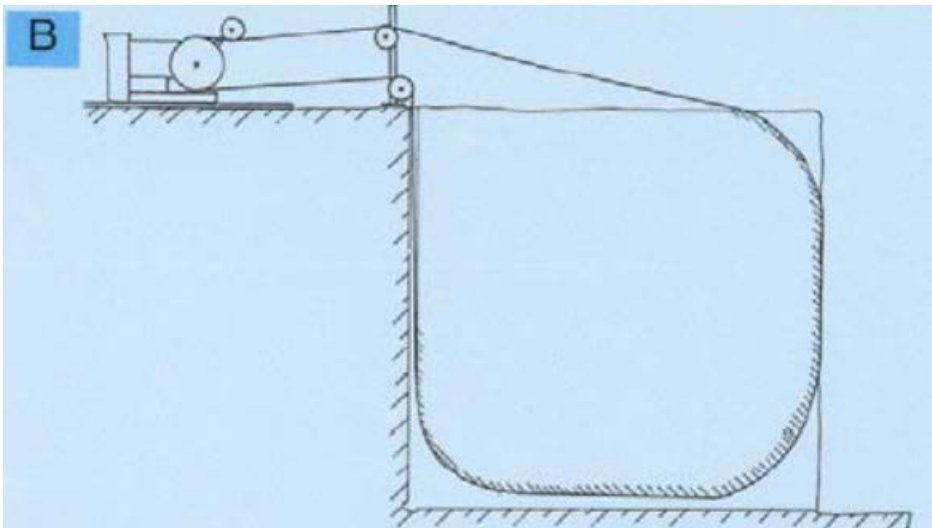
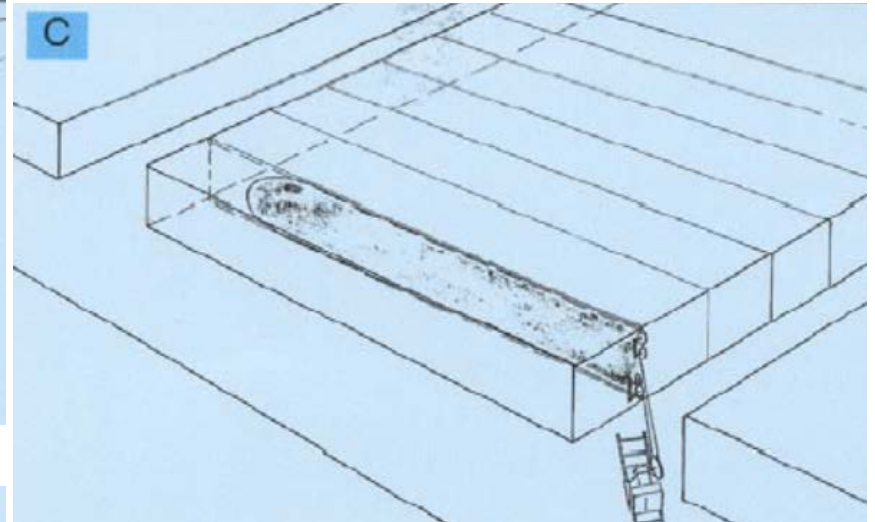
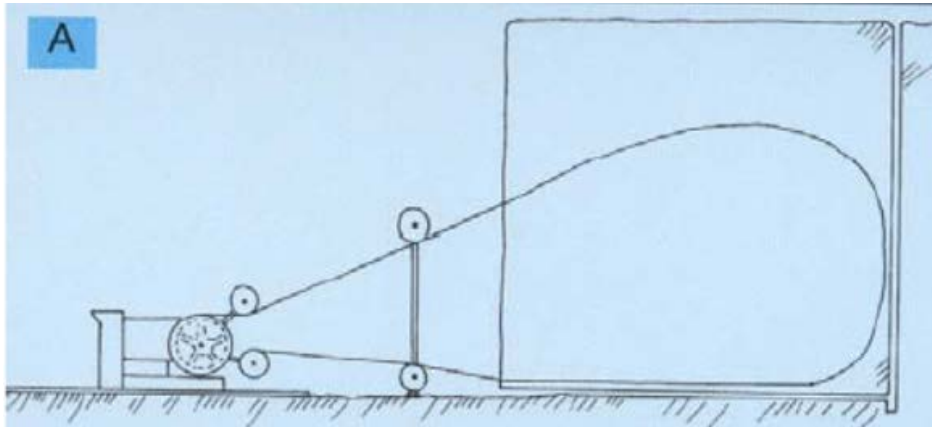
TALL AMB FIL DIAMANTAT

El fil diamantat consisteix en un cable d'acer inoxidable que porta encadenats uns inserits diamantats de forma cilíndrica. Les característiques bàsiques d'un cable diamantat són les següents:

- Diàmetre del cable guia 5 mm
- Diàmetre del inserit diamantat 10 mm
- Longitud del inserit diamantat 8.5 mm
- Longitud útil diamantat 6 mm
- Separació entre inserits 30 mm
- Nombre d'inserits per metre lineal (ml) 33.4

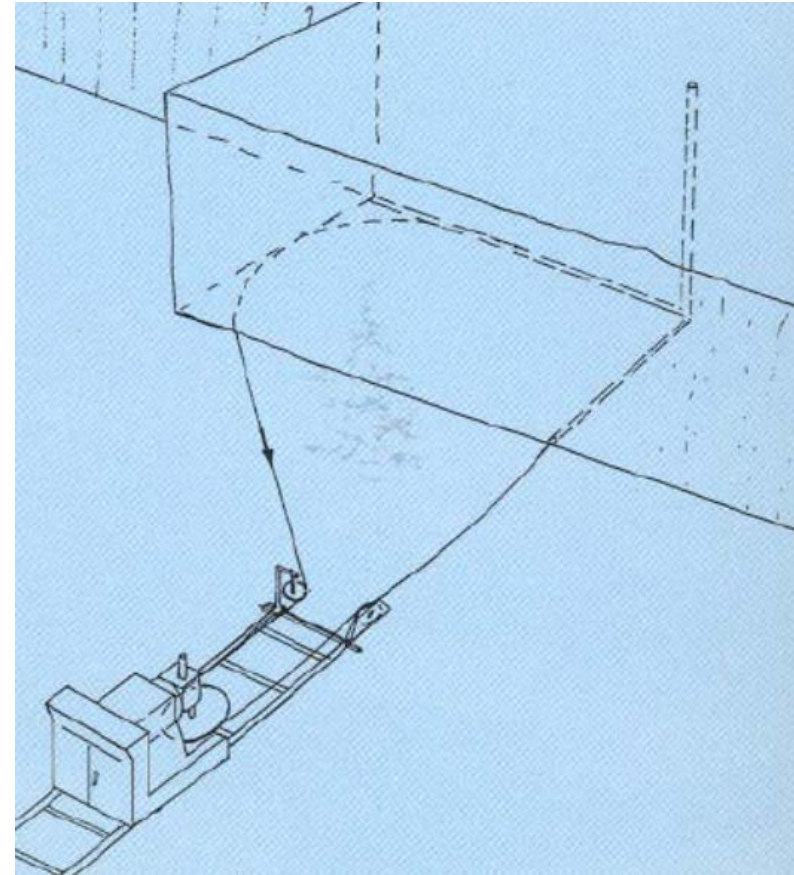
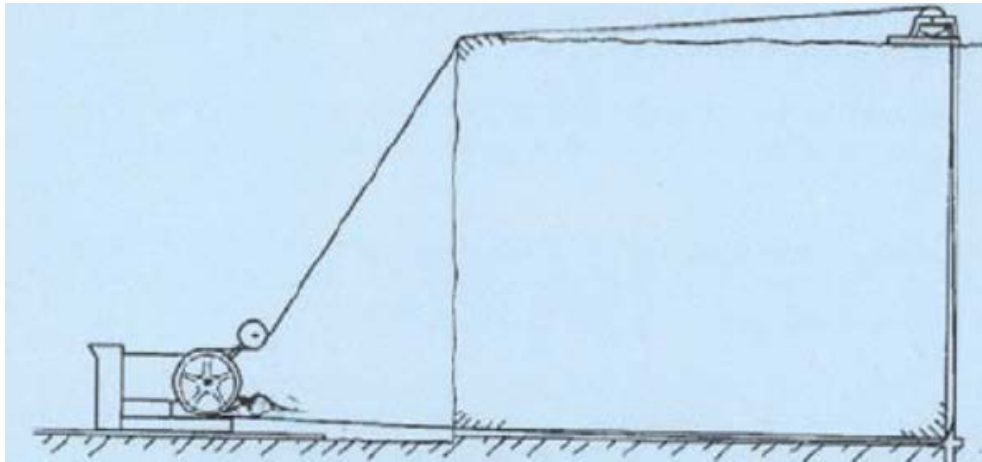


TALL AMB FIL DIAMANTAT



TALL AMB FIL DIAMANTAT

	m^2 / h	ml/m^2
Mármoles cristalinos	8 - 15	25 - 50
Mármoles compactos	5 - 9	15 - 30
Mármoles duros	3 - 5	15
Calizas blandas y porosas	10 - 15	50 - 75



FREGADORES DE BRAÇ



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional

FREGADORES DE BRAÇ



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH**

Campus d'Excel·lència Internacional

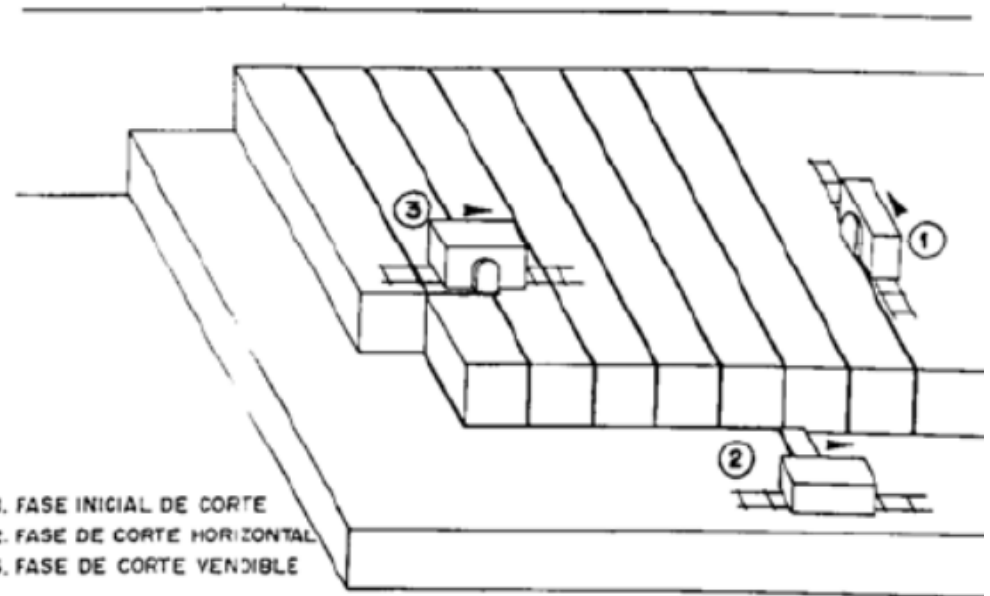
FREGADORES DE BRAÇ

S'aplica en aquells massissos rocosos de duresa mitjana a baixa (<100 MPa) i continguts baixos en quars (grup dels marbres).

Altres de banc molt limitades per l'abast del braç tallador.

Permet obtenir des d'un principi uns blocs finals, eliminant les successives fases de subdivisió que impliquen els sistemes anteriorment descrits i que inevitablement redueixen la recuperació d'uns mides comercials.

Possibilitat de ser utilitzat no només en les pedreres a cel obert sinó també en explotacions subterrànies de càmeres i pilars.



FREGADORES DE BRAÇ

La fregadora consta bàsicament d'un braç accionat, mòbil i orientable, sobre el qual es desplaça una cadena proveïda d'unes piques com elements de tall i de desgast. El sistema d'accionament del braç és, modernament, del tipus electro-hidràulic amb unes potències entre 10 i 60 kW, i tot el conjunt es llisca sobre carrils en la direcció del tall amb velocitats d'avanç de 2 a 10 cm/min i amb la possibilitat de desplaçar-se per pendants màxims de 15°.

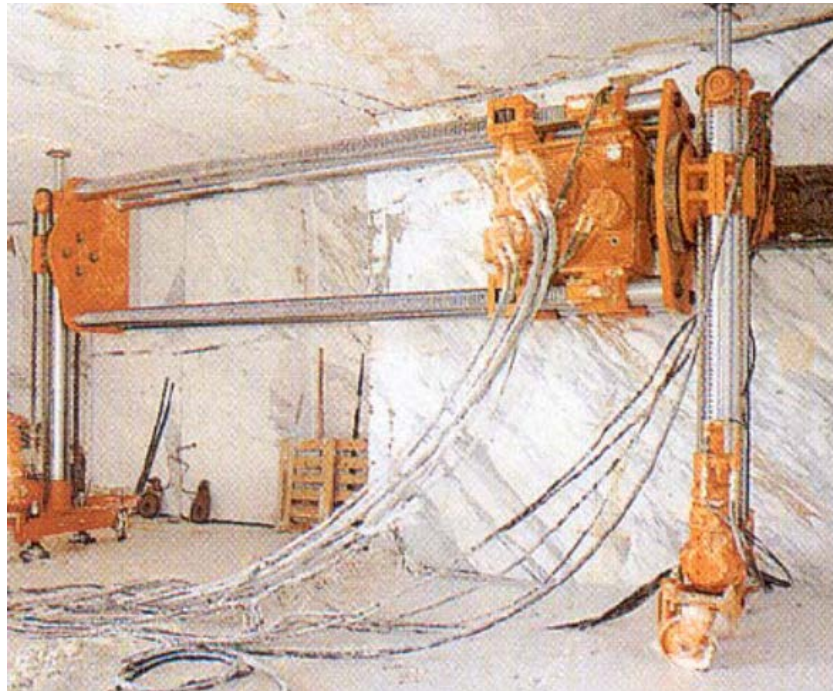
El braç és orientable per poder realitzar els talls verticals i horitzontals, amb una longitud variable entre 1,5 i 3 m. Sobre el perímetre del braç es desplaça la cadena que arrossega les piques, d'un material altament resistent, situades a uns intervals en l'ordre de 40 mm, amb unes velocitats lineals entre 0,4-1,4 m/s. i una amplada de tall de 4 cm.



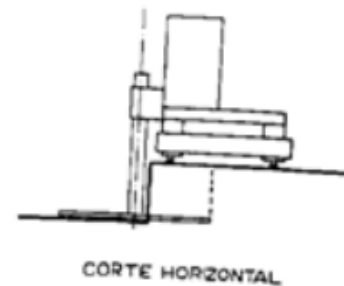
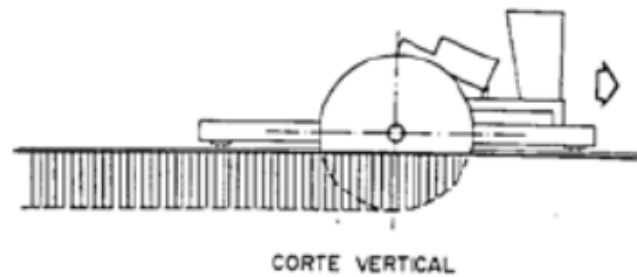
FREGADORES DE BRAÇ

El material, que constitueix les piques, sol ser carbur de tungstè per utilitzar en els materials de baixes resistència i abrasivitat, i de matrius diamantades per als valors grans, o qualsevol altre tipus d'acer aliat d'alta resistència al desgast per abrasió.

Els rendiments horaris de tall amb aquesta tècnica estan compresos entre 4 i 10 m²/h per les roques de resistència a la compressió inferior a 100 MPa i amb abrasividades mitjanes a baixes.



EQUIP DE TALL AMB DISC



EQUIP DE TALL AMB DISC



EQUIP DE TALL AMB DISC

L'ús d'aquest sistema permet obtenir, des del principi, els blocs sense necessitat de recórrer a les successives etapes de divisió i acabat.

Escassa profunditat del tall. La seva limitació ve donada per la fórmula:

$$h = 0,5 (D-d)$$

D; diàmetre exterior del disc

D; diàmetre interior del disc

Econòmica i tècnicament és un bon equip pel seu menor consum energètic.

Configuració de l'explotació per la necessitat de disposar d'àmplies plataformes, al menys de 200 x 200 m, i la inclinació de la mateixa ha de ser menor de 10 °.

El seu rang d'aplicació són els marbres i les pedres calcàries, però poden aplicar-se en el grup de pissarres de ensostrar o per lloses de pissarres i de gresos.

L'equip a utilitzar consisteix, bàsicament, en un disc giratori tallador amb el tall d'acer diamantat i que pot desplaçar muntat sobre un carretó mòbil que es mou paral·lelament, sobre carrils.



EQUIP DE TALL AMB DISC

La qualitat d'acabat de les cares del bloc és excel·lent.
Els rendiments de tall poden variar entre 5 i 8 m²/h.

	CORTE PLANOS VERTICALES			CORTE PLANO HORIZONTAL
DIAMETRO DISCO (m)	2.50	2.70	3.00	2.70
VELOCIDAD PERIFÉRICA (m/s)	40 - 55	40 - 55	40 - 55	40 -55
PROFUNDIDAD DE CORTE (m)	1.00	1.10	1.25	1.10
ANCHURA DE CORTE (mm)	12	12	12	12
CONSUMO DE AGUA (l/mín.)	80 - 140	80 - 140	80 - 140	80 - 140
POTENCIA (Kw)	60	75	75	75



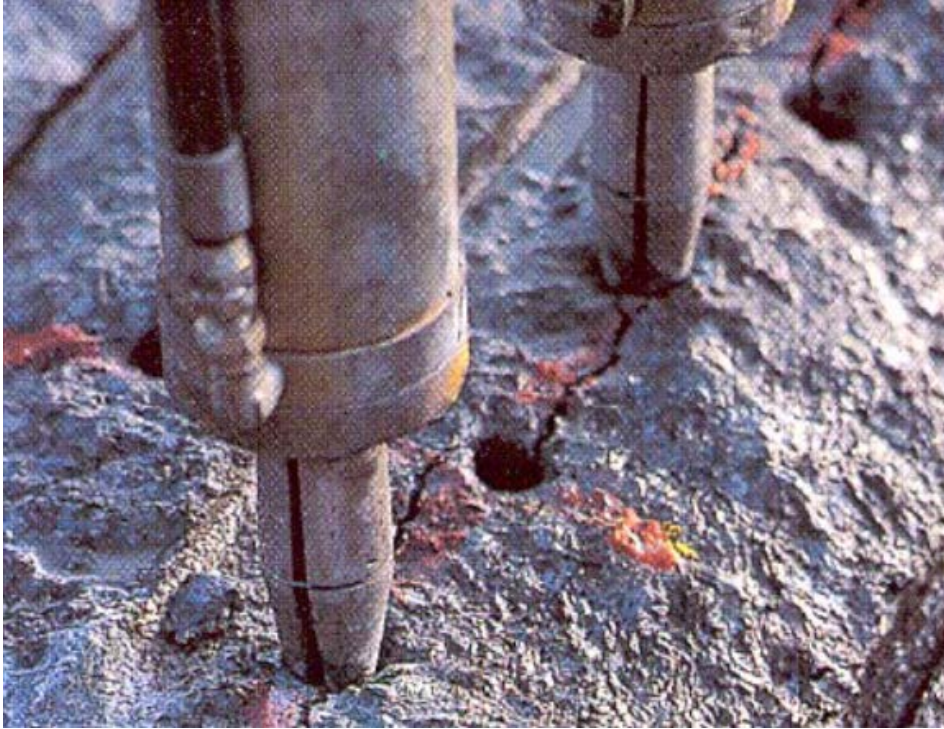
EQUIP DE TALL PER RAIG D'AIGUA

L'ús del raig d'aigua a alta pressió i velocitat, s'ha usat tradicionalment en la mineria d'al·luvions, de l'estany, del carbó, or, etc.

L'equip consisteix bàsicament en una petita central hidràulica amb un motor elèctric, i acoblada a una bomba hidràulica d'alta pressió, que impulsa finalment l'aigua a través d'una fina broquet injector amb uns diàmetres entre 0.1 i 1 mm.



FALQUES



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional

FALQUES

Aquesta tècnica és la més clàssica, sent ja utilitzada en l'antiga Grècia i actualment és complementària a l'esmentada de perforació amb barrinades.

S'aplica tant en el sector del marbre com en el del granit.

La seva utilització es basa en l'efecte que produeixen una sèrie de falques d'acer introduïdes en unes barrinades, provocant el trencament dels blocs per tracció.

Les falques hidràuliques estan constituïdes per una bomba hidràulica d'alta pressió i per diversos cilindres hidràulics, cadascun unit a la bomba per una mànega flexible reforçada.

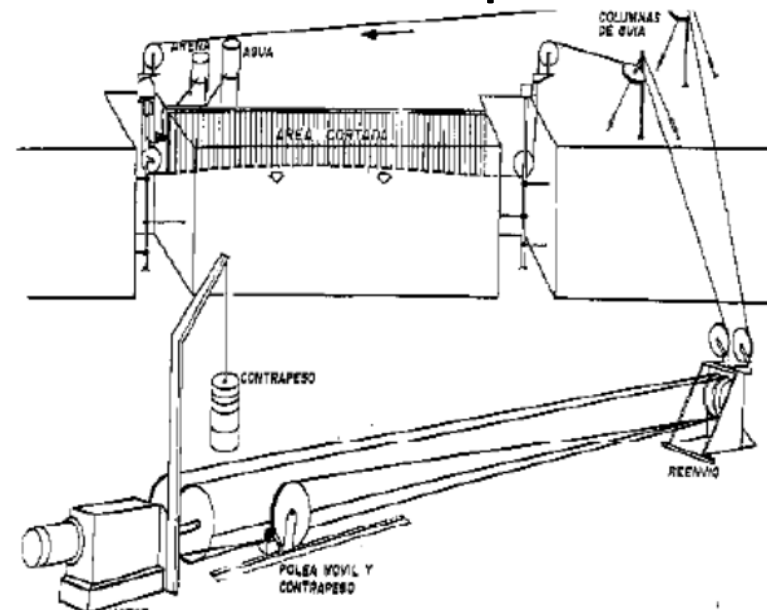


EQUIP DE TALL AMB FIL HELICOÏDAL

Va ser desenvolupat a Itàlia a principis del segle XIX. Actualment pràcticament ha desaparegut la seva utilització.

El tall amb fil obtenia uns rendiments i productivitats més baixes, el que obligava a que les tasques de subdivisió ulteriors es realitzaran gairebé sempre amb altres sistemes més eficaços.

La tècnica tall es duia a terme amb uns equips on l'eina de tall era un fil d'acer, que actuava com a conductor dels materials abrasius i refrigerants, i que corria a una velocitat determinada sobre la superfície del massís rocós a independitzar.



EQUIP DE TALL AMB FIL HELICOÏDAL

L'equip estava compost, bàsicament, dels següents elements :

- 1) Un **motor**, constituït per un motor d'accionament elèctric o dièsel (entre 25-40 CV), transmetia el moviment a un cable que passa per una politja motriu. La velocitat lineal del cable solia estar compresa entre 6 i 14 m/s.
- 2) Un **sistema mòbil de contrapesos**, que permetia mantenir el circuit del cable en tensió (fins a un valor d'uns 300 kg per 1000 m de fil).
- 3) Una **bateria de politges de reenviament i alineació**.
- 4) Una sèrie de **columnes que permetien guiar el fil** des de la sortida de la bateria de reenviament fins aquella zona del massís rocós que desitjava tallar.
- 5) Una sèrie de **columnes amb politges mòbils d'avanç automatitzat**, ubicades en els extrems de la superfície de tall.
- 6) Un equip d'emmagatzematge i dosificació de la **mescla de abrasiu i aigua**, amb alimentació directa al punt d'entrada del fil al massís rocós en tall.



EQUIP DE TALL AMB FIL HELICOÏDAL

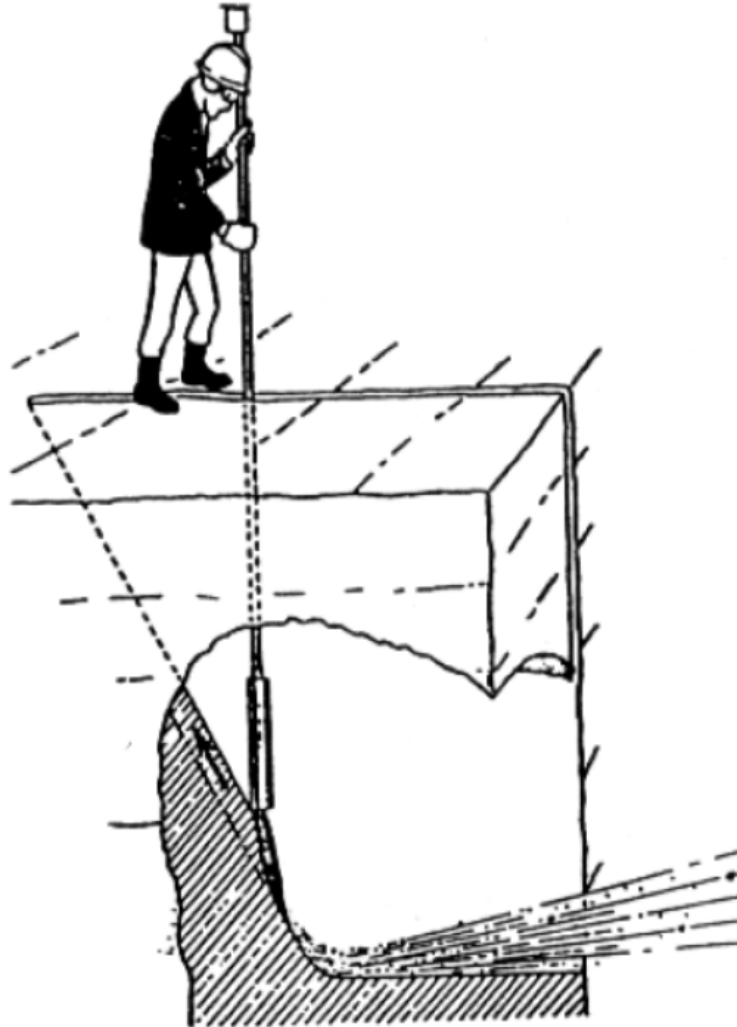
Característiques del cable helicoïdal:

Composició	1 x 3 + 0
Diàmetre normal del cable	5,15 mm
Diàmetre del alambre	2,40 mm
Secció metálica	13,56 mm ²
Peso aproximado	0,115 Kg/ml
Carga de rotura efectiva	1.500 Kg/mm ²

El **material abrasiu, que actuava com element de tall actiu**, s'alimentava per via aquosa a l'entrada del fil al massís i estava compost habitualment per **sorra silícia o granalla de carbur de silici**, d'unes qualitats molt controlades i precises. La sorra silícia havia de tenir una granulometria ben homogènia i inferior a 2 mm, amb un contingut en SiO₂ major del 90% i amb unes arestes vives. Els consums estaven entre 200-500 kg/m².



TALL AMB LLANÇA TÈRMICA - SPALLABILITY



TALL AMB LLANÇA TÈRMICA - SPALLABILITY

Aquest sistema s'aplica exclusivament en aquelles roques d'origen igni (granits, etc), sempre que tingui característiques de **decrepitabilitat (spallability)**, per salt tèrmic entre la calor i el fred.

El tall amb llanxa tèrmica és una tècnica que depèn fonamentalment de **la capacitat d'una roca per fracturar-se en escates en presència d'una font de calor per la diferència de conductivitat tèrmica dels diferents grans constituents de la roca** (quars, feldspat i mica) .

Tal característica s'anomena factor de decrepitabilitat o "spallability" és una funció del contingut de SiO_2 .

Les superfícies de tall queden molt irregulars.



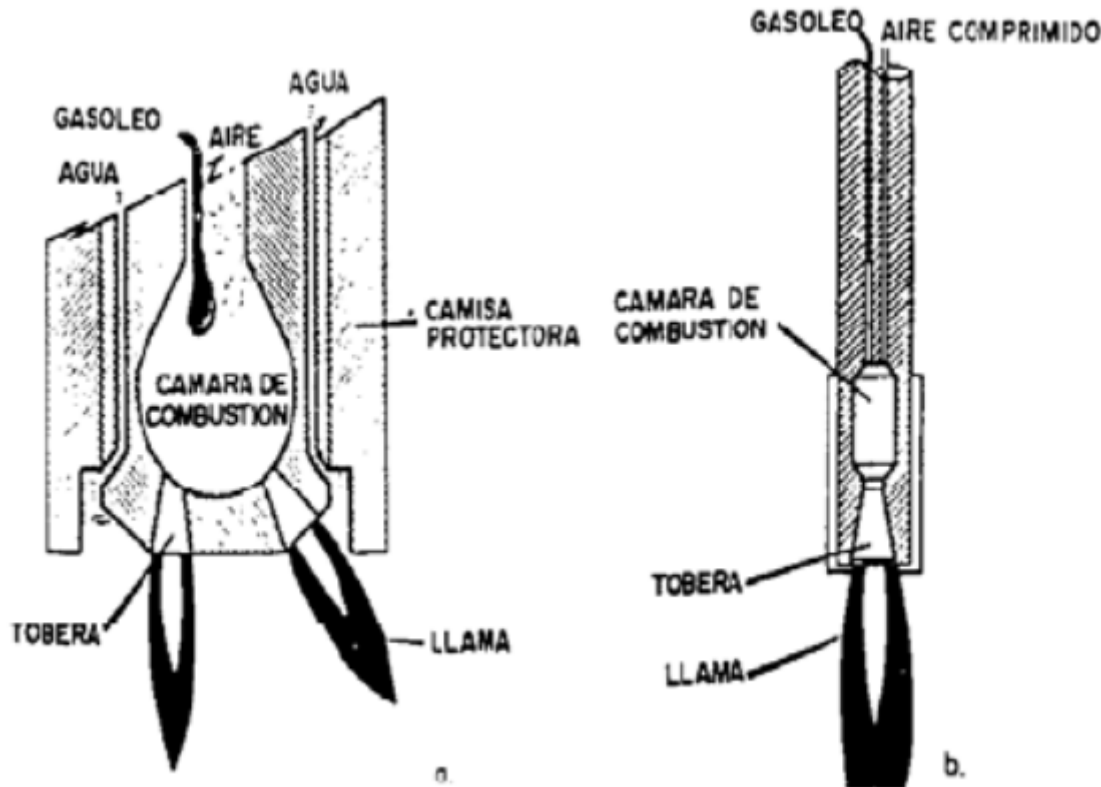
TALL AMB LLANÇA TÈRMICA - SPALLABILITY

ROCA	VELOCIDAD (m/h)	DECREPITABILIDAD
GRANITO	7.5 - 9	BUENA
CUARCITA	13.5 - 18	BUENA
CONGLOMERADO	6	POBRE
ARENISCA	6	POBRE

TIPO DE MEZCLA	ENERGÍA ESPECÍFICA (Julios/cm ³)
Propano - aire	6.280
Acetileno - Aire	5.020
Propano - oxígeno	4.890



TALL AMB LLANÇA TÈRMICA - SPALLABILITY



En condicions normals d'operació, un equip convencional consumeix de l'ordre de 35 l/h de gasoil, i uns 10 m³/min d'aire comprimit a 7 kg/cm² de pressió.

SELECCIÓ

Posibilitades de aplicació de les tècniques de corte actuals			
SISTEMA	GRANITOS	MÀRMOLES	PIZARRAS
PERFORACIÓ	P	P	P
HILO DIAMANTADO	P	P	P
ROZADORA DE CADENA	I	P	P
DISCO DIAMANTADO	M	P	P
LANZA TÈRMICA	M y P	I	I
CHORRO DE AGUA	D	D	D

Siendo:

P = POSIBLE
M = MARGINAL
I = IMPOSIBLE
D = DESARROLLO



MINERIA HIDRÀULICA – DRAGATGE (DREDGING)



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH**

Campus d'Excel·lència Internacional

MINERIA HIDRÀULICA – DRAGATGE (DREDGING)

La mineria hidràulica es pot definir bé com:

1. Extracció dels minerals en aquells jaciments que estan sota l'aigua.
2. Tècnica que utilitza l'aigua com una eina per a l'arrencada o el transport dels materials.

Depósitos hidráulicos	Tierra	- Cauces o paleocauces
	Playas	- < 10 m. lámina de agua
	Lagos	- baja lámina < 30 m.
	Mar	plataforma continental off shore >30 y <300 m lámina profunda >300 m.

Hidromecanización	Arranque	monitores hidráulicos. corte a presión
	Transporte	bombas y tuberías cursos de agua canales



MINERIA HIDRÀULICA – DRAGATGE (DREDGING)

El sistema operatiu més antic de mineria hidràulica ha estat la **batuda manual**, duta a terme en rius per a la recuperació d'alguns minerals pesats i de pedres precioses, utilitzant un petit plat metàl·lic o de fusta que, amb un lleuger moviment oscil·lant, permet pre-concentrar els metalls pesants, i abocar els estèrils més lleugers.



MINERIA HIDRÀULICA – DRAGATGE (DREDGING)

Mètode miner que utilitza un **sistema d'arrencada del mineral situada sobre una plataforma flotant**, també és possible utilitzar aquest sistema en altres casos com dragatge de ports i de canals i per a l'obtenció de sorres, llims o llots en els rius, ...

Característiques dels dipòsits:

- a) Disponibilitat d'un material susceptible de poder ser arrencat i carregat directament.
- b) Un certa grandària i valor del dipòsit.
- c) Unes característiques granulomètriques fines del material.
- d) Unes característiques impermeables del mur.
- e) Una geometria adequada del llit.



MINERIA HIDRÀULICA – DRAGATGE (DREDGING)

S'utilitzen per extreure:

1. Plaers de minerals preciosos o pesats secs
2. Fosfats, potasses
3. Diamants
4. Graves i arenas



MINERIA HIDRÀULICA – DRAGATGE (DREDGING)

En alguns casos s'utilitza **l'aigua com una eina per arrencar i transportar el material fins a la plataforma o vaixell** que sura sobre la superfície del llac o del mar.

La **planta de tractament pot estar situada sobre la mateixa plataforma** i els residus, en aquest cas tornen hidràulicament al fons o bé es pot transportar el material per una canonada fins a la **planta situada a la platja o riba**.

Ex: Extracció de Sn, W, Au i Ag a Indonèsia, Colòmbia i Alaska i altres països productors de minerals pesats i valuosos.

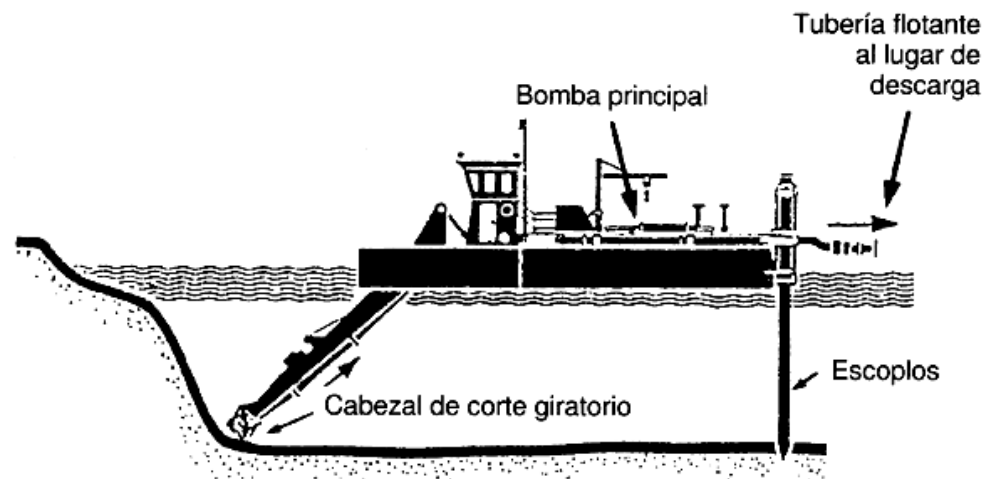
No necessàriament l'aigua ha de ser natural o pròpia del curs d'un riu, llacuna o pantà, sinó que **artificialment pot crear-se un llac o superfície d'aigua**, sempre que el mur del llit sigui impermeable.



MINERIA HIDRÀULICA – DRAGATGE (DREDGING)

Les dragues de succió tenen una clara selectivitat negativa, en extreure, preferentment, el material més lleuger i deixar en el fons el més pesat, que en molts casos és el mineral buscat.

La tendència moderna a la mineria per dragues és cap **al arrencada directa i contínua del material amb caps tallants construïts amb dents i culleres de materials molt resistents al desgast**, i que amb bombes de sòlids acoblades en el propi cap succionen cap a les canonades, que transporten fins a la planta de procés el material dragat, situada sobre el vaixell-draga o bé a través d'una canonada flotant pel llac, fins a la riba on hi ha la planta de tractament.



MINERIA HIDRÀULICA – DRAGATGE (DREDGING)

El veritablement bàsic d'aquest mètode de mineria és aconseguir una bona neteja del llit ja que en el **seu contacte amb el mur és on es poden trobar les partícules de major valor en el cas dels minerals preciosos o pesats.**

Si es pot i s'ha de fer servir la **draga de succió per a l'extracció** de les sorres i terres sense valors metàl·lics.

Així cal destacar a **Holanda, que és la reina del dragatge** amb sistemes continus, per la defensa del país, la qual cosa els ha donat una avançada tecnologia, que en part procedia de l'**explotació del estany en la seva antiga colònia d'Indonèsia** (Billiton).



MINERIA HIDRÀULICA – DRAGATGE (DREDGING)

És un mètode miner molt important per a l'explotació de minerals pesats: **or, plata, estany, wolframi, diamants, titani, rutil i altres minerals valuosos i pesats, però també per a sorres ferríferes i terres rares.**

Modernament a Alaska, Colòmbia i Malàisia s'utilitzen vaixells-dragues de fins a **20.000 t** de massa amb unes potències de més de **20.000 kW**.



MINERIA HIDRÀULICA – DRAGATGE (DREDGING)



Extracció de potasas en salinas del Mar Muerto propietat de Dead Sea Works (DSW), filial de Israel Chemical Ltd. (ICL). Imàgenes cortesia de Ellicott International.



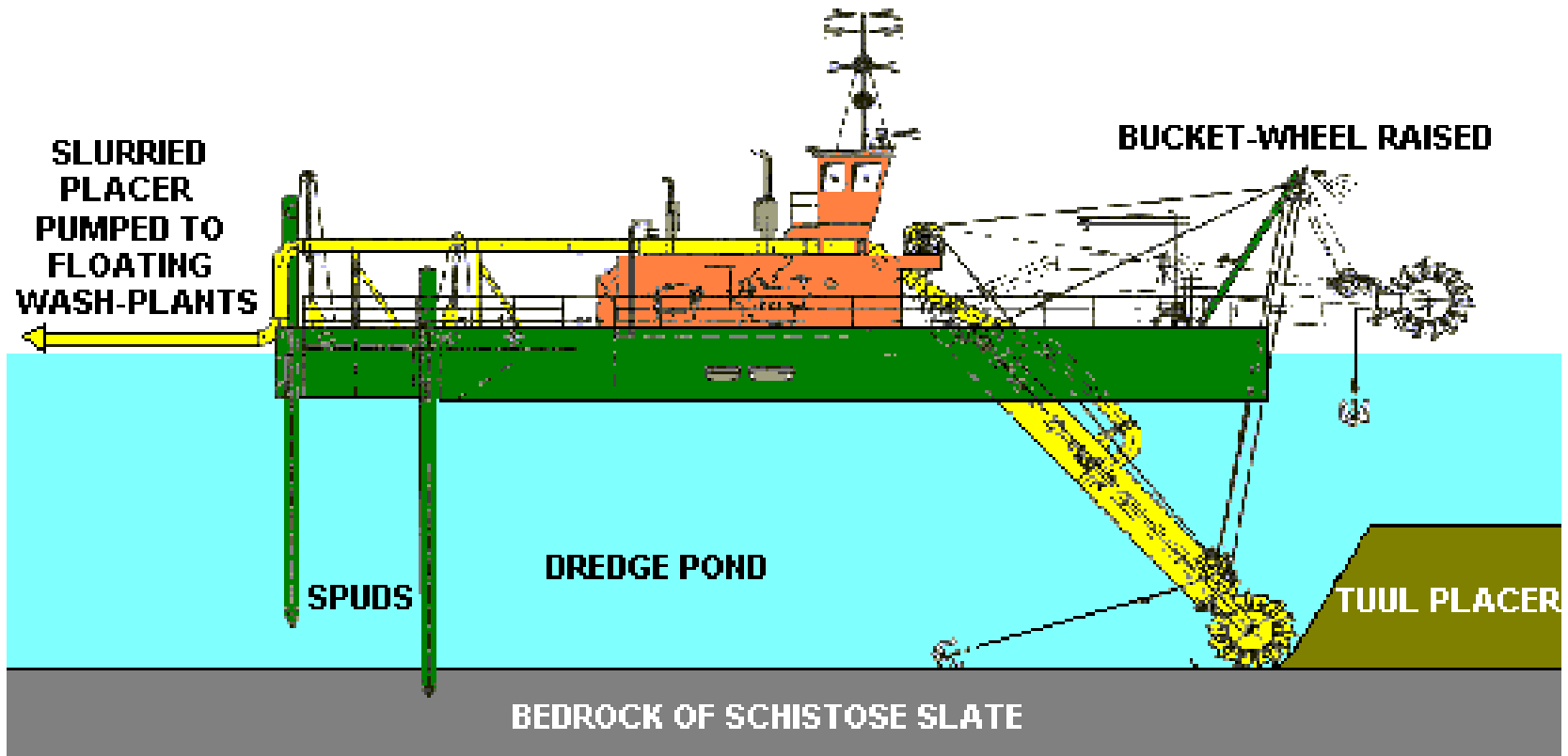
MINERIA HIDRÀULICA – DRAGATGE (DREDGING)

En vies I+D són:

1. L'ús de "Water Jet Cutting System" o raig d'aigua a pressions superiors als 2000 kg/cm^2 per al tall de les roques ornamentals o arrencada de roques.
2. L'aprofitament dels fons marins de sediments i nòduls metàl·lics fins a 2000 m de profunditat. És el cas del fons del mar Roig i de certes zones de l'oceà Pacífic i l'Atlàntic.



DRAGUES - DREDGE MINING



DRAGUES - DREDGE MINING

Són equips destinats a l'excavació de materials sòlids solts o pocs consolidats que es troben sota una làmina d'aigua.



TIPUS DE DRAGUES: DRAGUES DE CULLERA

El principi d'aquesta màquina es remunta als models desenvolupats a Amèrica fa un segle. Consisteix en una cullera que descriu un arc i amb l'ajuda d'unes dents col·locats a la cullera, l'arrencada Del material fins a omplir totalment la cullera. Un cop aquesta carregada, s'eleva mitjançant els cables d'accionament de la ploma i del braç i, amb un gir de 90° de la superestructura, es diposita el material carregat on ens interessa.

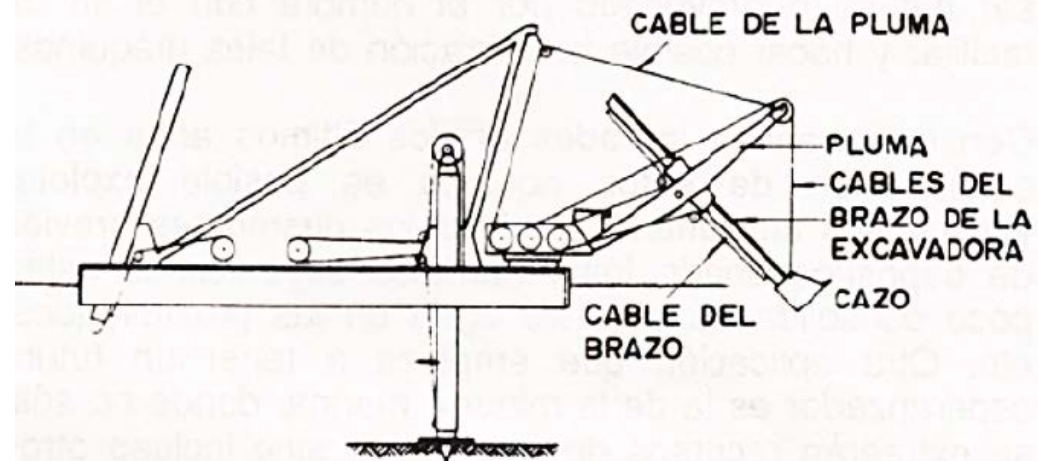


Figura 3.— Dragas de cuchara.

TIPUS DE DRAGUES: DRAGUES DE CULLERA

Les dragues de cullera varia molt quant a grandària, potència i capacitat de càrrega.

La capacitat de cullera sol oscil·lar entre 1-9 m³.

La profunditat de dragatge entre 6-12 m sota el nivell de l'aigua (No obstant això, dragues amb culleres d'uns 12 m³ de capacitat poden aconseguir profunditats superiors).

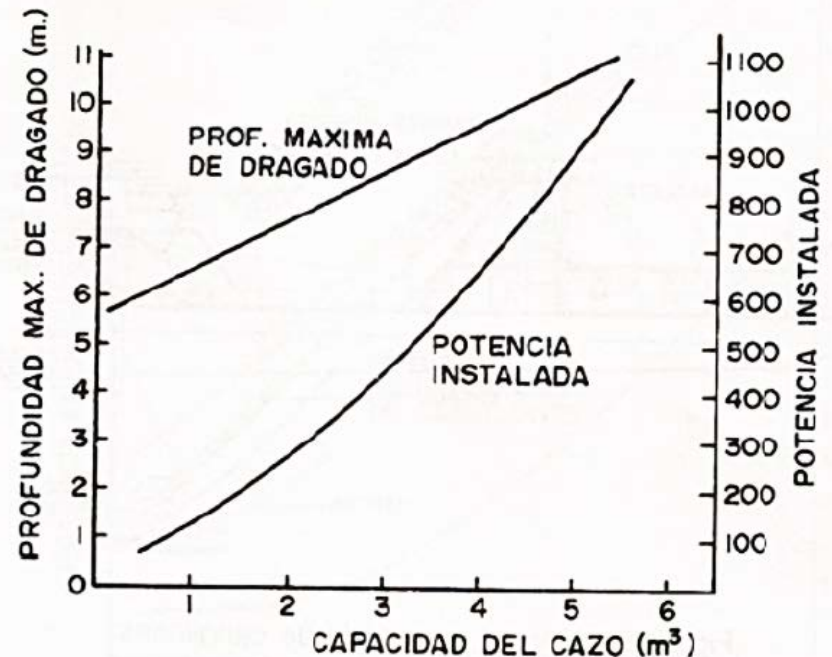


Figura 4.— Potència instal·lada y capacitades de las dragas de cuchara.

TIPUS DE DRAGUES: DRAGUES DE CULLERA RETRO

Aquests equips estan constituïts, bàsicament, per una retroexcavadora convencional muntada sobre una pontona.

La forma de treball és similar a la que es realitza en qualsevol operació a cel obert, amb l'única diferència que s'efectua l'arrencada i elevació de la càrrega sota l'aigua i, un cop pujat a la superfície, es gira la superestructura i es diposita en una embarcació.

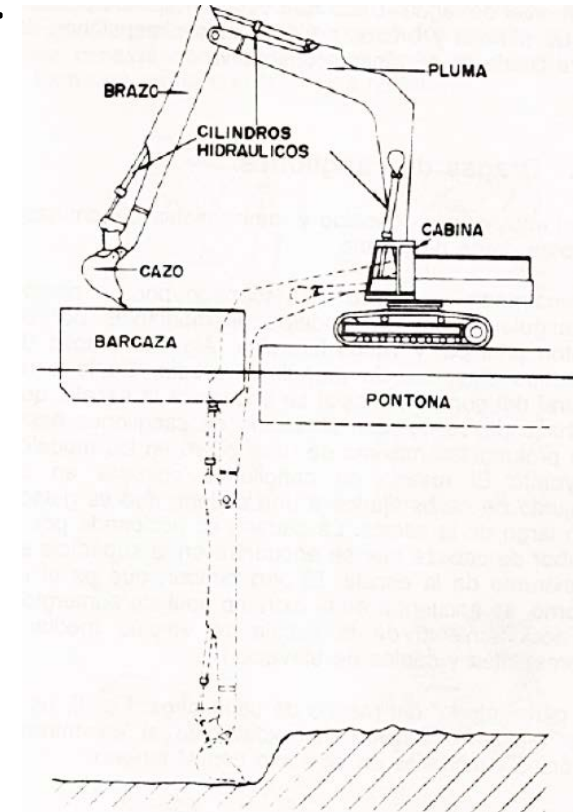


Figura 6.— Draga de cuchara retro.

TIPUS DE DRAGUES: DRAGUES DE CATÚFOLS

La draga de catúfols consisteix en un conjunt de cassons fixats a una cadena que és guiada al llarg de l'escala. La cadena és accionada pel tambor de cap que es troba a la superfície, a l'extrem de l'escala. L'altre tambor, és el de retorn i aquest es troba en l'extrem oposat que es troba submergit.

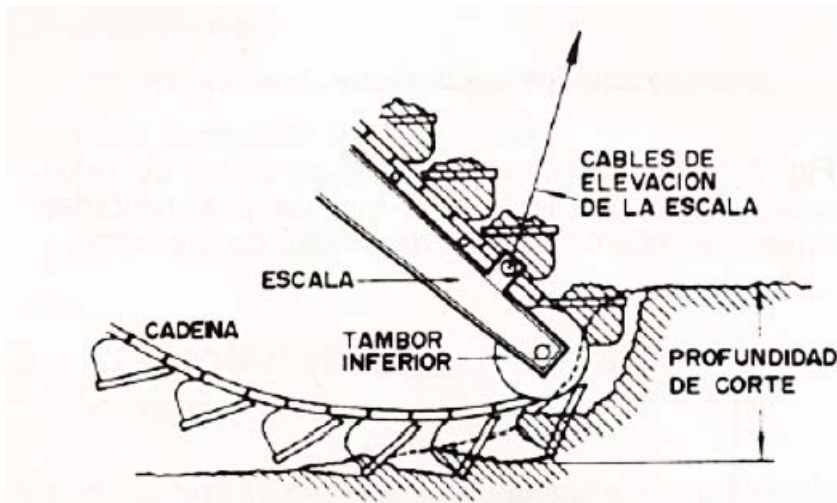


Figura 8.— Extremo inferior del rosario de cangilones.

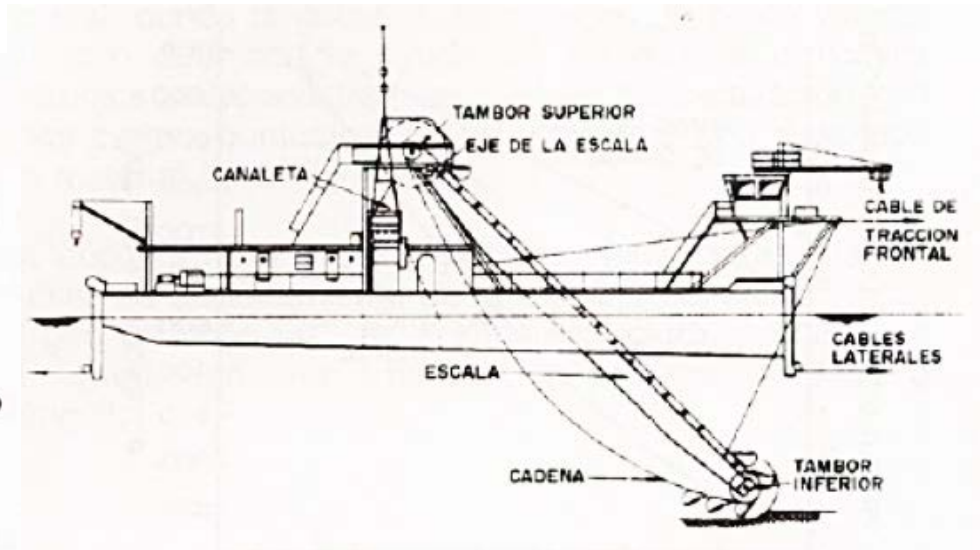


Figura 9.— Dragas de rosario de cangilones.

TIPUS DE DRAGUES: DRAGUES DE CATÚFOLS

- Les dragues poden estar dotades d'uns cables de tracció ancorats en un dels seus extrems, capaços de transmetre al terreny les forces de reacció que es produeixen durant l'excavació. També és possible tenir un puntal en la part posterior que es recolzi sobre el propi material extret, processat i abocament per l'equip.
- Les dragues de cassons tenen un ampli ventall quant a capacitats dels catúfols i potència, normalment la capacitat dels catúfols varia d'entre els 100-1000 L, sent la mida més utilitzat el de 400 L.
- Les velocitats de la cadena són variables. Les dragues modernes estan dissenyades per extreure materials tous i aquestes tenen unes velocitats de 16-25 catúfols per minut tot i que s'han utilitzat de fins a 30 catúfols per minut.
- En el cas de trobar-nos amb roques més dures, les velocitats es redueixen considerablement, un 25-50% de les velocitats anteriors.



TIPUS DE DRAGUES: TALLADORA-SUCCIONADORA

Es tracta d'una draga convencional però aquesta pot treballar en terrenys durs gràcies a que permet traçar un perfil precís i al seu cap de tall, que amb el seu moviment rotatiu fragmenta i remou el material.

També hi ha una canonada de succió que es troba muntada sobre l'escala i que permet anar extraient a la superfície el material que es va arrencant.

Depenent de la duresa del material es combina el gir de l'escala amb la rotació del cap de tall en un sentit o un altre.

La canonada de succió normalment té un diàmetre igual o 50 mm més gran que la de descàrrega. El rang de diàmetres més freqüent es troba entre els 300-600 mm.



TIPUS DE DRAGUES: TALLADORA-SUCCIONADORA

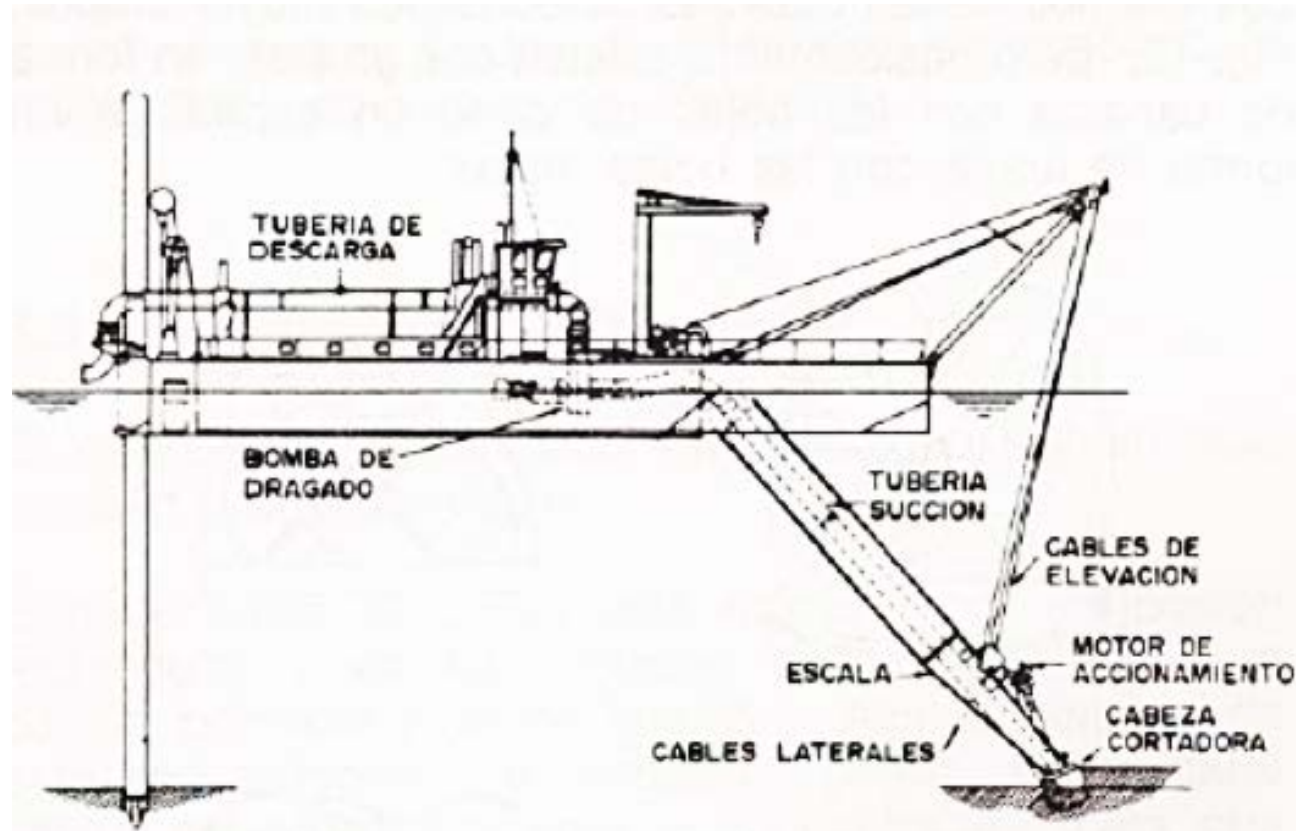


Figura 13.— Draga cortadora-succionadora.

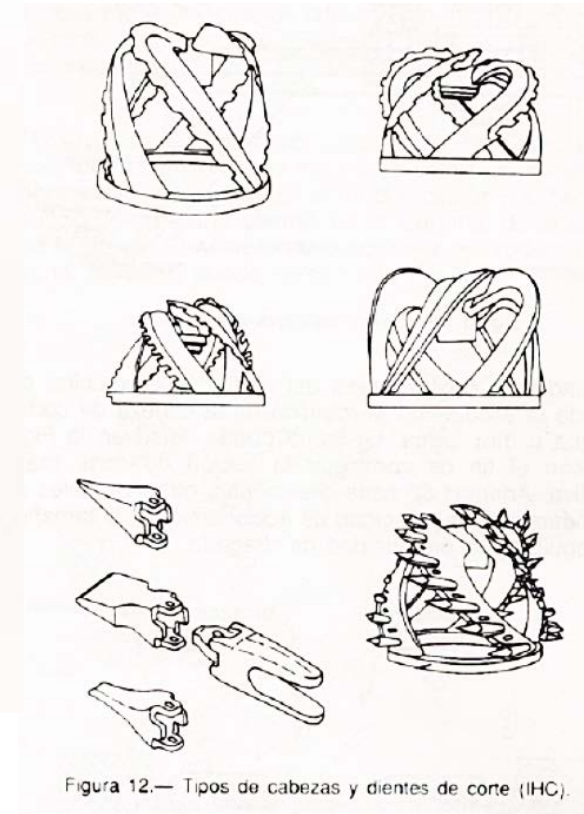


Figura 12.— Tipos de cabezas y dientes de corte (IHC).

TIPUS DE DRAGUES: SUCCIONADORA DE RODET

Es tracta de dos anells units entre si a través de diversos vores de tall amb el perfil en forma d "U", és a dir, els catúfols estan desproveïts del seu fons i xapa posterior.

Entre aquests catúfols es forma una espècie de túnel, el que permet l'accés a la boca de succió. D'aquesta manera, el material que arrenca queda directament a l'acció d'aquesta boca, que constitueix el límit inferior del túnel.

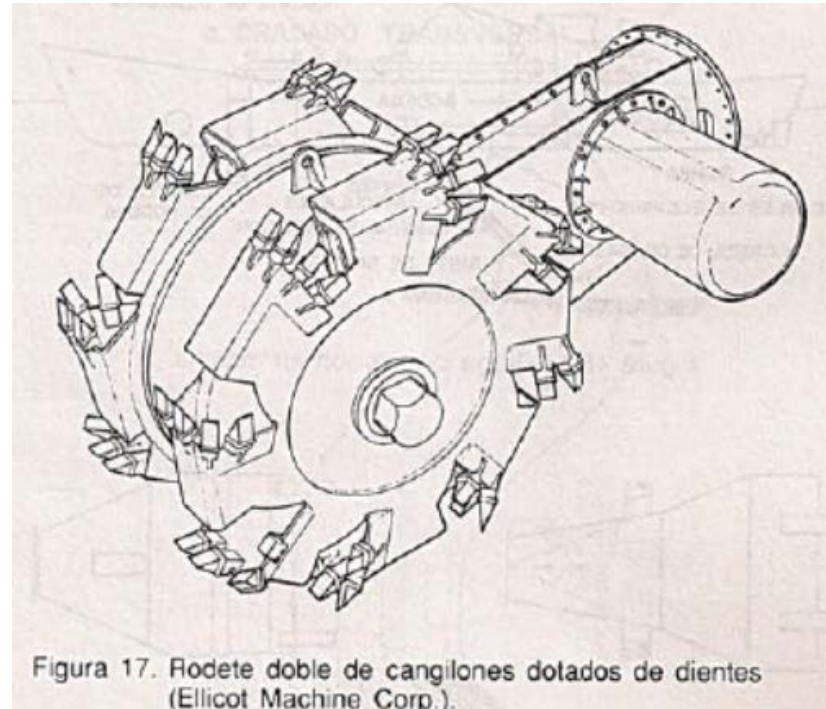


Figura 17. Rodete doble de cangilons dotados de dientes (Ellicot Machine Corp.).

TIPUS DE DRAGUES: SUCCIONADORA EN MARXA

Aquestes unitats es van començar a desenvolupar a començament dels anys 60, com a conseqüència de la necessitat de fer més amples i profundes les rutes de navegació.

Les capacitats de transport d'aquestes dragues varia entre els 100-11000 m³, si bé no és molt freqüent que superin els 7000 m³, estant el rang més comú entre els 500-3500 m³.

En terrenys tous, el cap es clava al fons i l'embarcació va avançant lentament, extraient una gran quantitat de material. En el cas de terrenys durs, la penetració és més petita pel que requereix una major velocitat d'arrossegament per obtenir la mateixa producció.

Les velocitats de desplaçament de les dragues durant l'operació oscil·len entre els 3,5-5 nusos. La profunditat de dragatge sol ser inferior a 30-35 m encara que existeixen equips que poden treballar a més de 50 m.



TIPUS DE DRAGUES: SUCCIONADORA EN MARXA

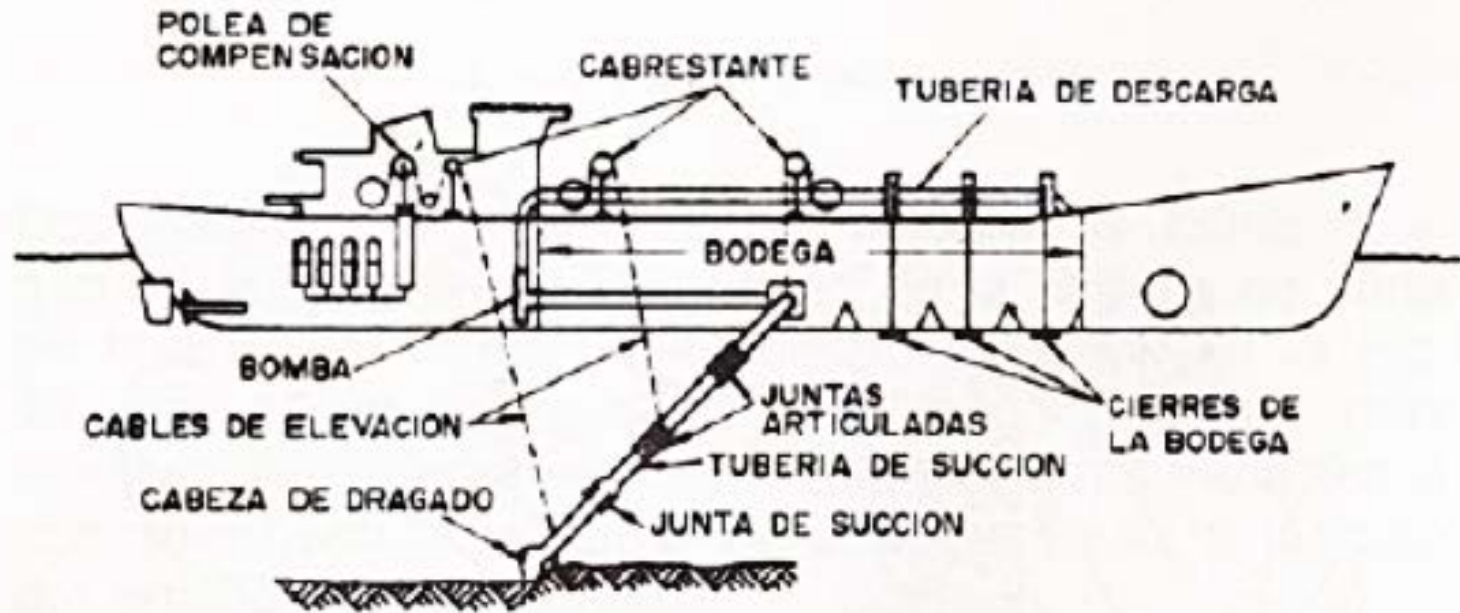


Figura 18.—Draga de succión en marcha.

DRAGUES: OPERATIVA

Les dragues treballen normalment efectuant talls paral·lels a l'eix principal del dipòsit o transversals a aquest, podent utilitzar una o més unitats de dragatge per assolir els nivells de producció requerits.

També influeixen sobre els costos altres factors com són la profunditat de dragatge, relacions de l'estèril amb els recobriments, condicions del llit rocós, etc.



MINERIA HIDRÀULICA - MONITORS HIDRÀULICS - HYDRAULIC MINING MONITOR

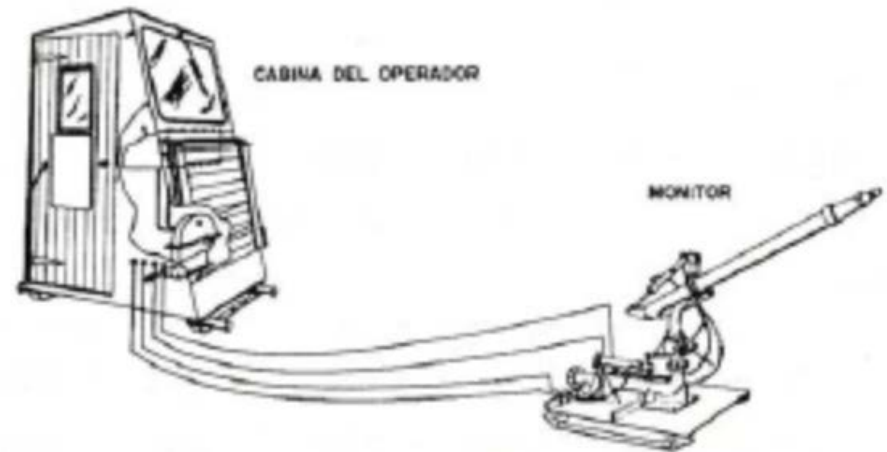


UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional

MINERIA HIDRÀULICA – MONITORS

Els monitors hidràulics són uns equips d'arrencada consistents en una llança o canó orientable, que mitjançant l'energia alliberada pel raig d'aigua que projecten sobre el massís rocós, permeten disgregar i arrossegar els materials.



MINERIA HIDRÀULICA – MONITORS

De tots els sistemes d'explotació existents, l'hidràulic és l'únic que permet **combinar l'arrencada d'un material, el seu transport a la planta de benefici i la recuperació**, així com posterior transport de residus amb l'energia aportada per un flux d'aigua.

S'aplica fonamentalment en aquells jaciments on els materials són disgregables per l'acció d'aigua a pressió, com **al·luvions d'or, cassiterita, diamants, ilmenita, rútil, zirconi**, etc.



MONITORS HIDRÀULICS

Són equips d'arrencada consistent en un llança o canó orientable, que mitjançant l'energia alliberada pel raig d'aigua que projecten sobre el massís rocós, permeten disgregar i arrossegar els materials.

La utilització d'aquests equips aporta els avantatges:

1. Arrencada continu del material explotable.
2. Infraestructura minera reduïda.
3. Equips més senzills i econòmics.
4. Menors necessitats de personal i amb menor especialització.
5. Baix cost d'operació.



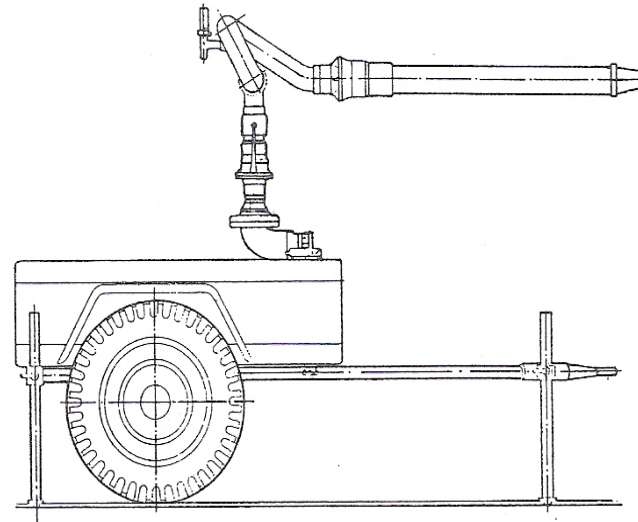
MONITORS HIDRÀULICS

Els seus inconvenients principals són:

1. Condicions específiques del material a arrencar.
2. Grans requeriments en cabal i pressió d'aigua.
3. Necessitat de grans àrees per abocament de residus.
4. Escasses possibilitats de selectivitat.
5. Riscos més grans de segregació i pèrdua de les fraccions granulomètriques més gruixudes en el mineral.
6. Aplicabilitat del sistema quan el procés de benefici posterior té lloc en via humida.
7. Condicions topogràfiques apropiades per a la circulació dels materials arrencats.
8. Disposicions restrictives sobre contaminació i impacte ambiental.



MONITORS HIDRÀULICS: TIPUS

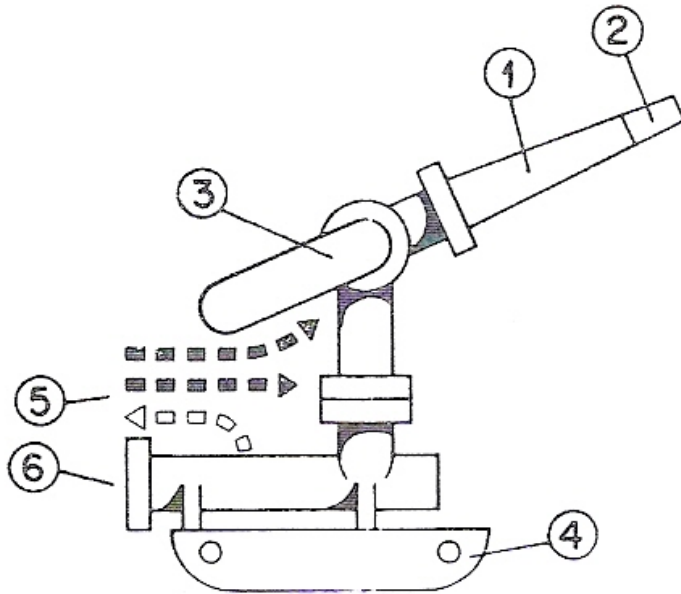


UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional

MONITORS HIDRÀULICS

La finalitat dels monitors hidràulics és mitjançant la força alliberada pel xoc entre el raig d'aigua i el material aconseguir disgregar i arrossegar el material. Per a això es necessita el monitor. Les parts principals del monitor són:



- 1.Lanza
- 2.Boquilla
- 3.Cuerpo del monitor
4. Estructura de fixació i suport
5. Mecanisme d'accionament
- 6.Conexión d'alimentació.

MONITORS HIDRÀULICS: OPERACIÓ



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional

MONITORS HIDRÀULICS: OPERACIÓ

1. Monitor
2. Tuberia de alimentació
3. Canal de transporte
4. Sumidero
5. Estación de bombeo
6. Tuberia de pupa
7. Pulpa

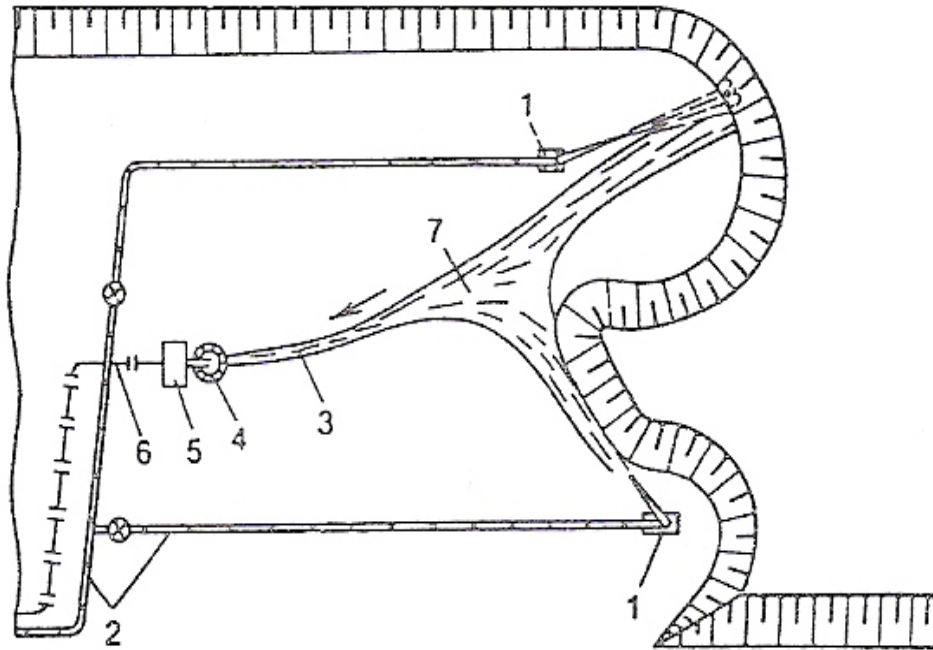


MONITORS HIDRÀULICS: OPERACIÓ

1. Monitor
2. Tuberia de alimentació
3. Canal de transporte
4. Sumidero
5. Estación de bombeo
6. Tuberia de pulpa
7. Pulpa



MONITORS HIDRÀULICS: OPERACIÓ



1. Monitor
2. Tuberia de alimentació
3. Canal de transporte
4. Sumidero
5. Estación de bombeo
6. Tuberia de pupa
7. Pulpa

c)



MONITORS HIDRÀULICS: APLICACIONS

- De tots els sistemes d'exploració que existeixen, el de monitor hidràulic és l'únic que permet combinar l'arrencada, transport a la planta de tractament, així com posteriorment el transport de residus amb l'energia aportada per un flux d'aigua.
- S'utilitzen en jaciments on els materials no tenen una gran cimentació o es pot modificar per obtenir una disgregació. Alguns exemples són al·luvions d'or, cassiterita, diamants, ilmenita, rútil, zirconi ... Formacions argiloses, graves, sorres i altres materials de construcció.
- Per a la neteja i desbrossament de recobriments. També permet la recuperació dels materials dipositats en basses de residus, fer neteja de tancs i sanejar els talussos de pedreres abans del seu abandonament.



EXCAVADORES DE CABLES - ROPE SHOVELS



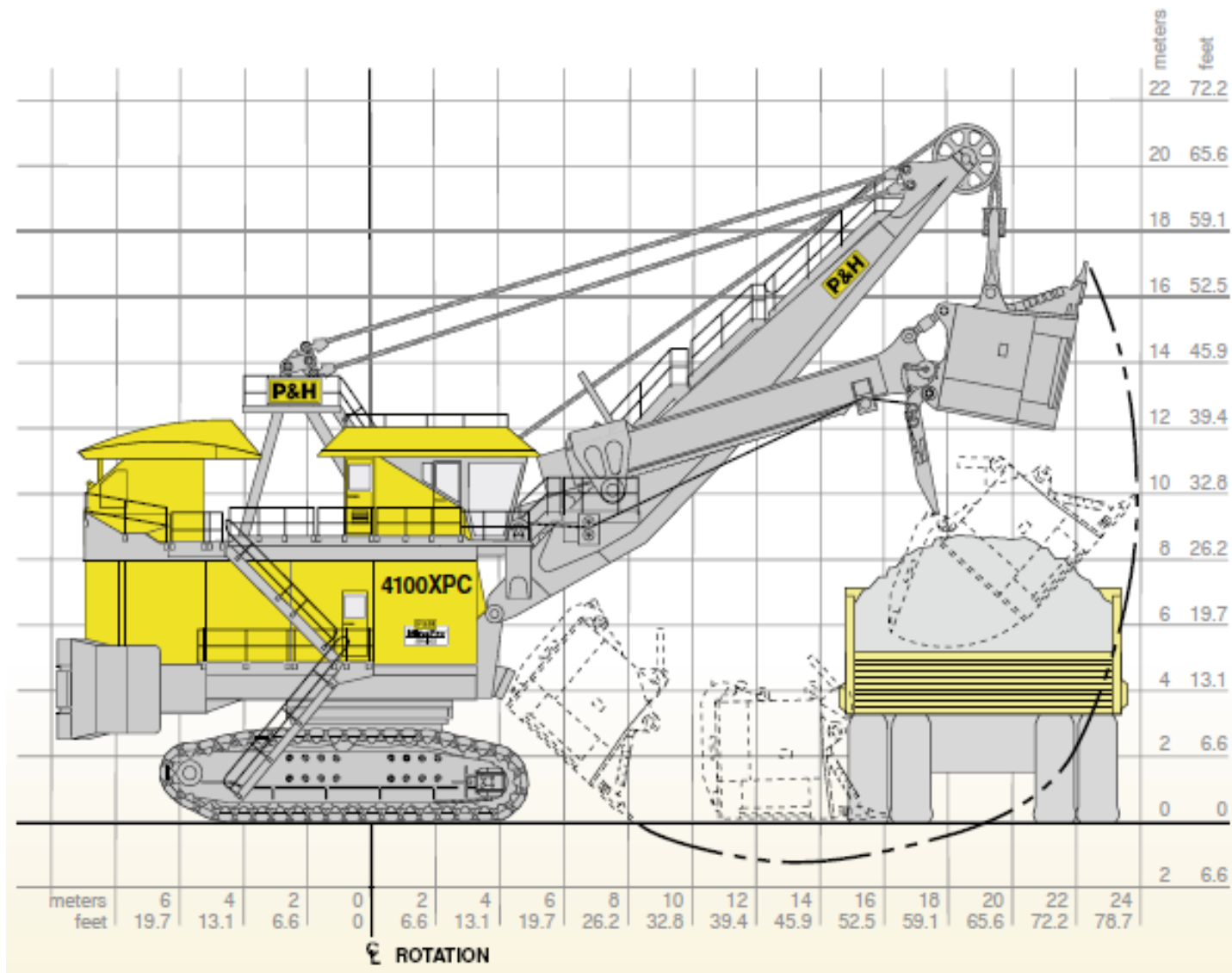
UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional

Introducció

- 1837 – US, la primera màquina s'utilitzà per la construcció del ferrocarril, estava accionada per vapor, utilitzava cadenes per realitzar els moviments de càrrega i es traslladava sobre rails.
- L'accionament per vapor va ser substituït primer per motors dièsel i després per motors elèctrics, les cadenes es van reemplaçar per cables i el tren de rodatge que permet els desplaçaments per erugues.





Objetius

- Productivitat elevada
- Cost unitari baix
- Facilitat de manteniment
- Disponibilitat alta



Tipus

- Excavadores per carregar: sobre un altre equip (bolquets, vagonetes, tremuges, etc).
- Excavadores de desmunt: que carreguen directament a l'abocador situat en el buit creat anteriorment.

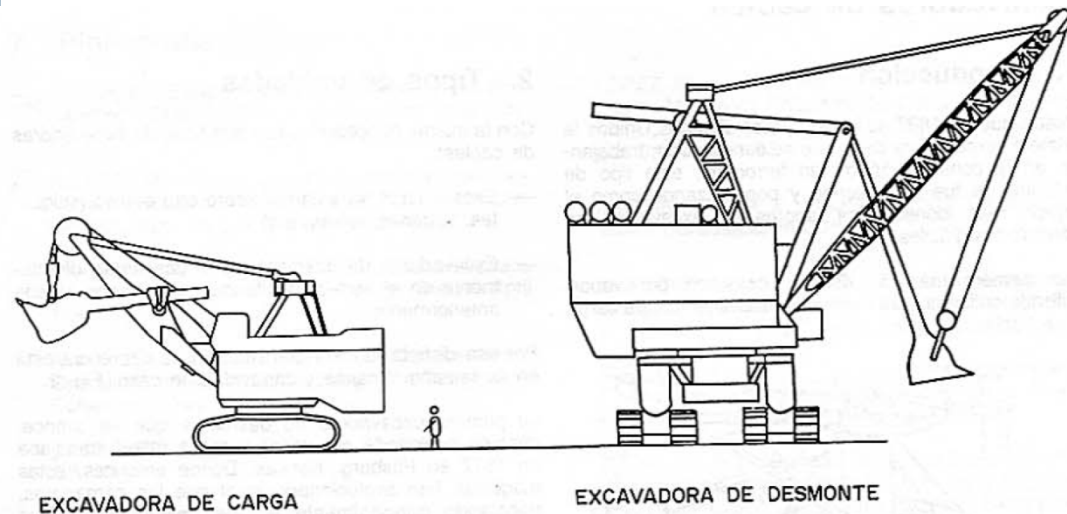


Figura 2.— Tipos de excavadoras de cables.

Tipus:

- La diferència està en la seva grandària, abast i capacitat de cassó.
- La primera excavadora de desmunt és el 1877 a Pittsburg, treballant principalment a los desmunts de les grans mines de carbó, arribant a assolir els 135 m³ de cullera.
- Avui dia les excavadores de desmunt han cedit el pas a les grans dragalines, que les superen en capacitat, rendiment i abast.
- Les excavadores estan definides per la capacitat nominal de la cullera.



Tipus:

- La capacitat de la cullera és funció de:

1. Densitat del material del sòl.
2. Longitud de la ploma.

Un increment en qualsevol d'aquests, obliga a una reducció del mida de la cullera per no sobrepassar la capacitat d'elevació o mantenir l'equilibri de la màquina. Els fabricants poden subministrar diferents culleres per a la mateixa màquina.

- La potència de les màquines va de 350 - 4000 kW, per excavar amb culleres de 5 a 50 m³ de capacitat, amb pesos nominals de 300-2700 t.

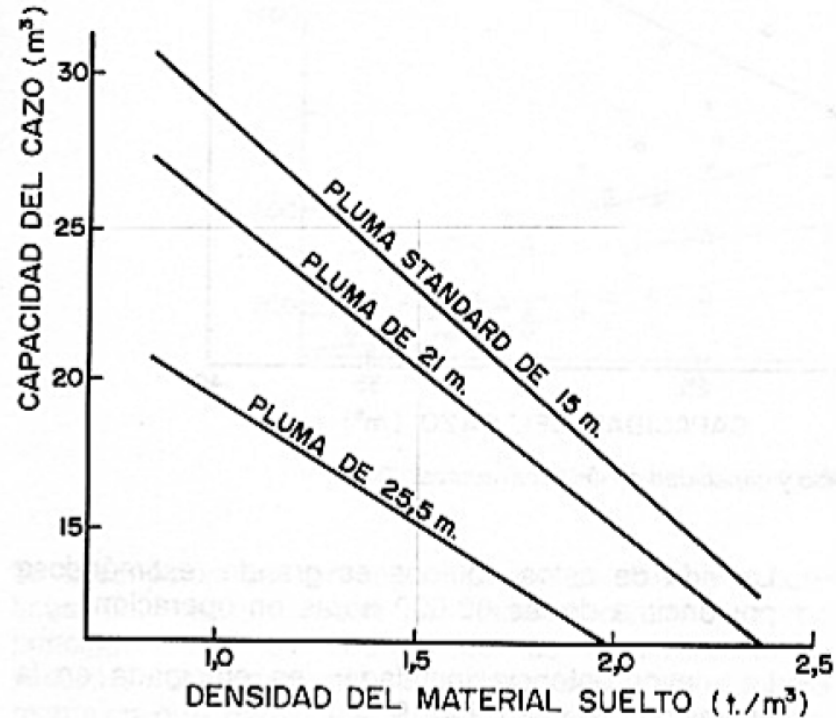


Figura 4.— Relación entre la capacidad del cazo y la densidad de la roca suelta para distintas longitudes de pluma en una excavadora determinada.

DISSENY

- Les altures d'excavació estan entre 10 i 20 m.
- Les altures d'abocament varien entre 6 i 12m.

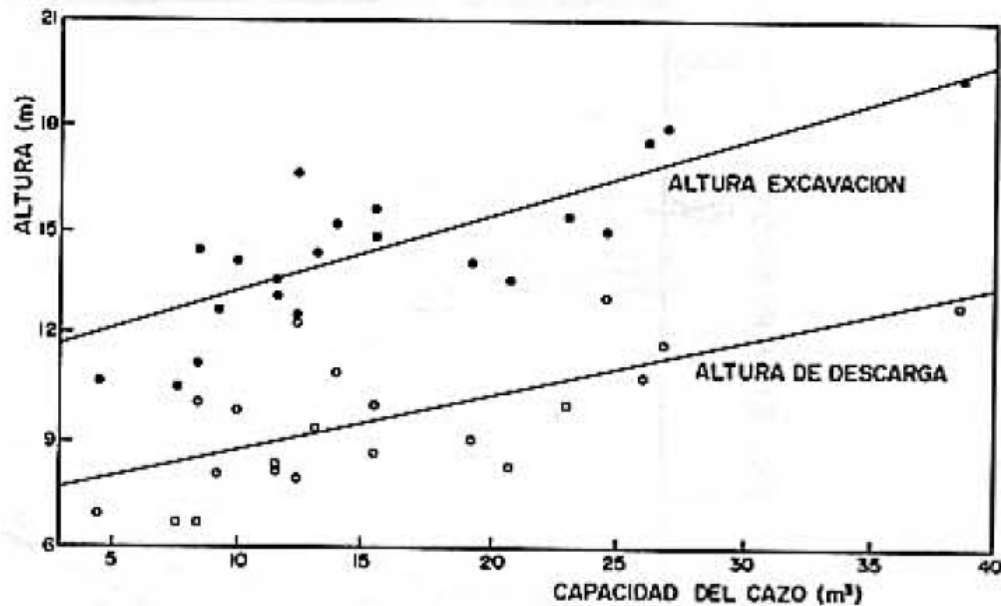


Figura 5.— Alturas de excavación y descarga según la capacidad de los cazos.

DISSENY

- El sistema de translació és sobre erugues i l'accionament elèctric.
- L'excavació s'aconsegueix mitjançant la combinació de l'elevació i l'empenta.

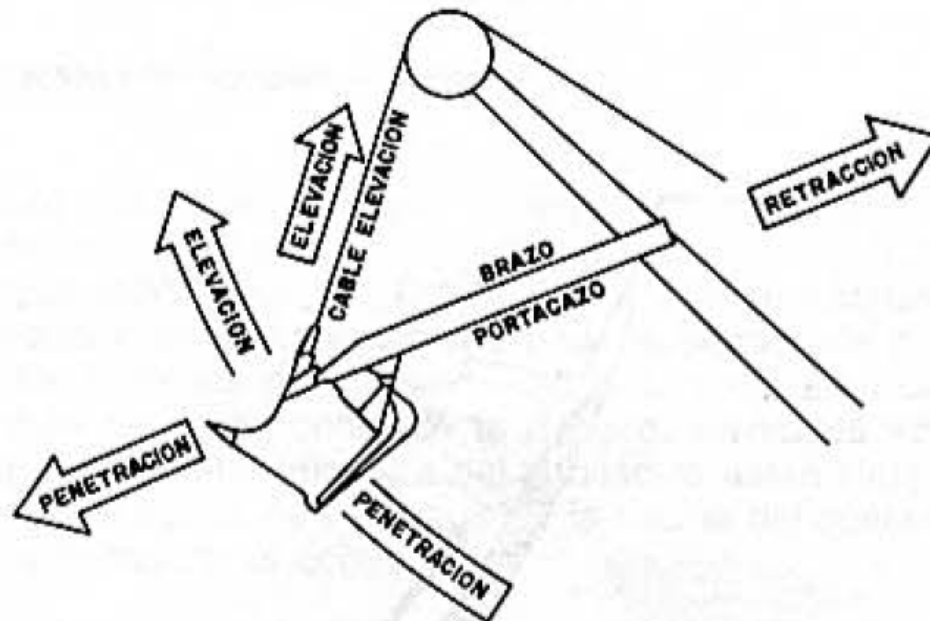


Figura 6.— Movimientos elementales del equipo de trabajo de una excavadora de cables.

DISSENY

- Proporcionen una producció elevada amb un cost d'operació baix.
- Són màquines pesades i robustes, adequades per excavar qualsevol tipus de material.

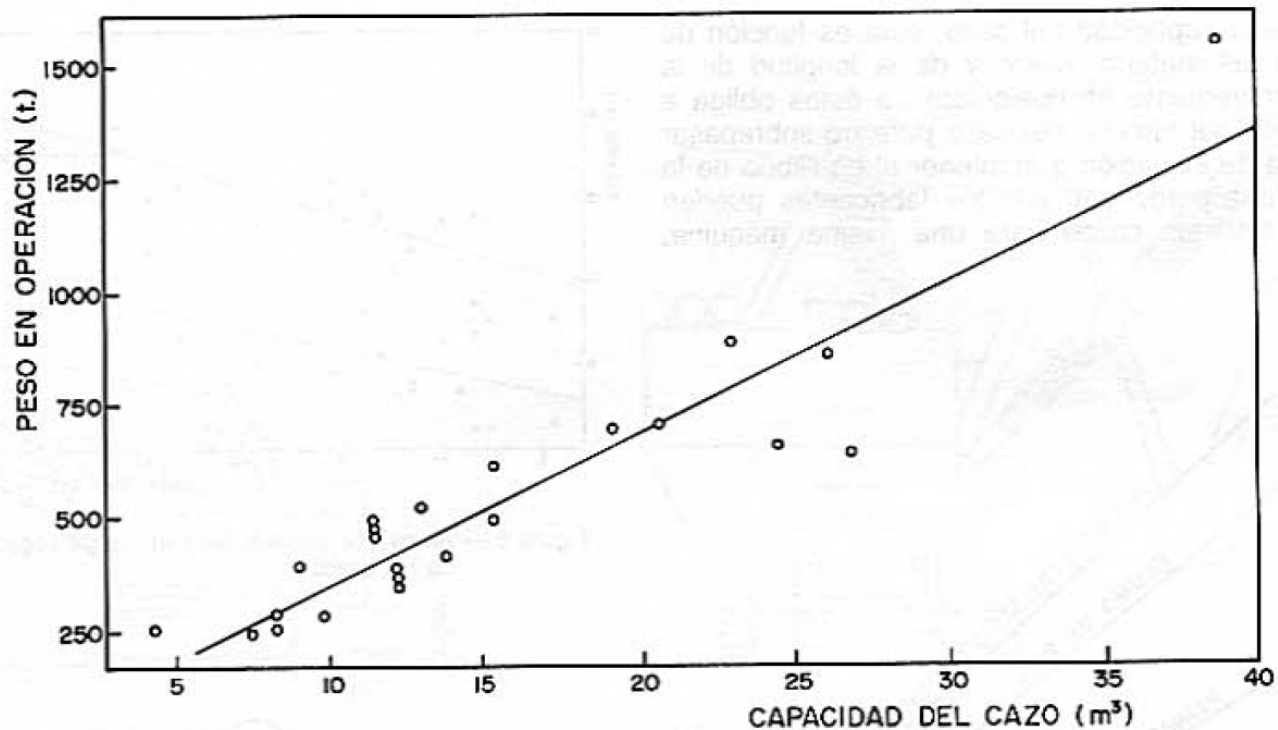


Figura 7.— Relación entre pesos en servicio y capacidad de las excavadoras.

DISSENY

- Permeten l'arrencada directe de materials compactes, encara que en molts casos és aconsellable per augmentar la producció i disminuir els costos d'operació efectuar voladures prèvies dels massissos rocosos.
- La fiabilitat és elevada, com a conseqüència d'un disseny àmpliament provat, aconseguint una bona disponibilitat i eficiència.
- Tenen capacitat per remuntar pendents reduïdes, no és aconsellable que operin sobre fers inclinats pel fet que poden aparèixer problemes en el sistema de gir de les màquines.



DISSENY

- L'operació es realitza amb bona estabilitat i suavitat.
- Proporcionen una pressió específica sobre el terreny entre 0.2 i 0.35 MPa, segons el tipus de sabata de les erugues, de manera que necessiten, en general, un sòl competent i preparat.
- Per la forma de procedir a l'arrencada, proporcionen una bona barreja en direcció vertical durant la càrrega.
- No són màquines adequades per efectuar arrencada i / o càrrega selectiva.

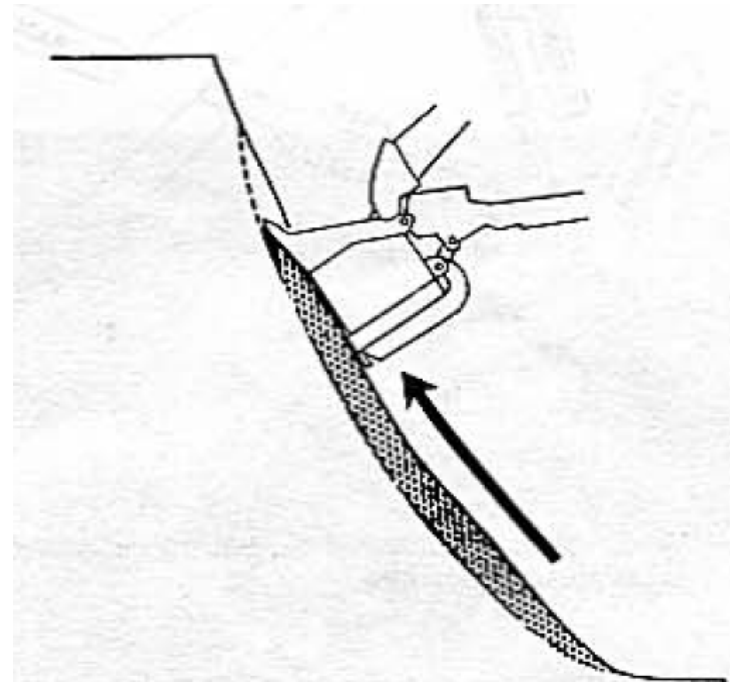


Figura 8.— Carga del material en un frente.

DISSENY

- Possibilitat d'escollir l'allargada de la ploma, que condiciona la geometria de l'excavació.
- En els desplaçaments disposen d'una velocitat molt baixa, inferior de 1.5 km/h, depenen d'un cable d'alimentació, de manera que tenen una mobilitat limitada.
- Obtenen un bon rendiment fins i tot amb males condicions del pis, ja que funcionen sense desplaçar-se sobre ell.
- L'operador disposa d'una bona visibilitat durant l'operació i en condicions de seguretat.
- La vida d'aquests equips és gran, estimant-se per sobre de les 60.000 hores en operació (7 anys a 24 h i 365 dies).



DISSENY

- La part més important de la potència està en l'elevació de la cullera.

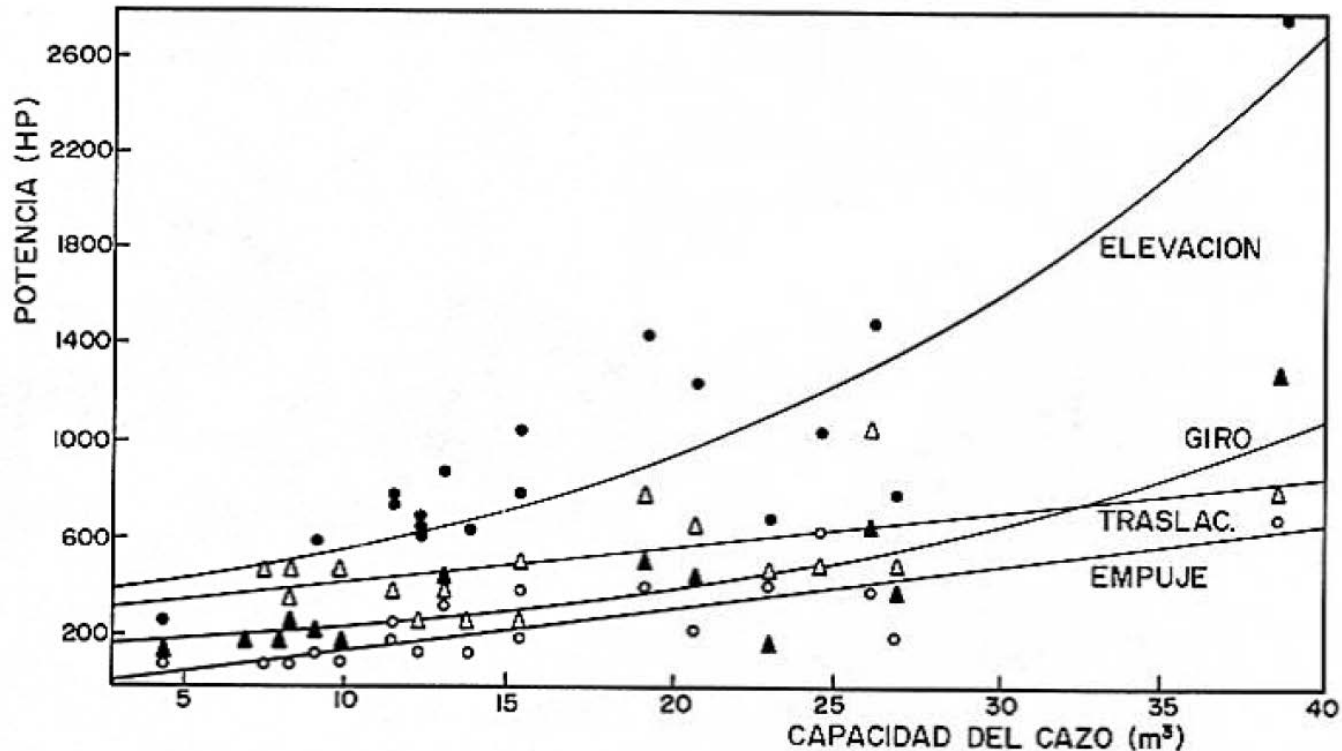


Figura 9.— Potencia de los diferentes accionamientos según la capacidad del cazo.

Inconvenients

- La capacitat d'excavació és reduïda per sota del nivell d'erugues.
- Requereixen un equip auxiliar en el tall per mantenir una producció elevada juntament amb la flota de bolquets.
- El personal d'operació requereix una bona qualificació.
- El manteniment de la màquina s'ha de fer en el tall, el que implica majors dificultats.
- Les inversions elevades en aquest tipus de màquines fan que només es considerin en els projectes d'una gran durada, de manera que són els equips idonis per les mines a cel obert de grans dimensions.



Descripció general

Hi ha tres seccions:

- Superestructura
- Infraestructura
- Equip frontal d'excavació

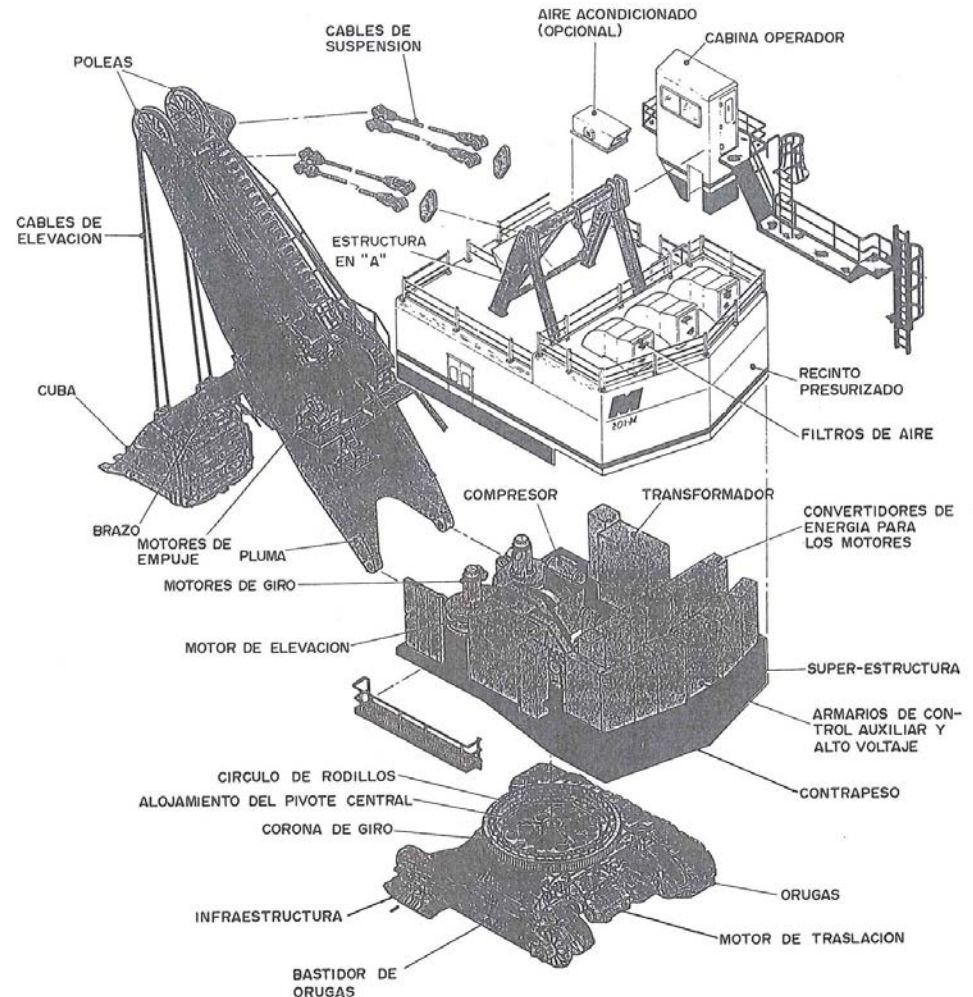


Figura 10.— Componentes principales de una excavadora de cables.



Descripció general

- Les excavadores tenen una infraestructura muntada sobre dos carros d'erugues. En aquest conjunt va instal·lat el mecanisme de translació i direcció, el motor d'alguns equips va muntat a la plataforma superior.
- Sobre ella hi ha la superestructura giratòria que consisteix en una plataforma capaç de girar 360 graus banda i banda. Coberta per un habitacle tancat i pressuritzat, per impedir l'entrada de pols en els sistemes d'accionament i control.
- A la part davantera estan situats l'equip frontal d'excavació i la cabina de l'operador, i en la posterior el contrapès. Ambdues estructures estan unides mitjançant un robust pivot central que és l'eix de gir de la primera sobre la segona.
- L'operació d'excavació o càrrega es realitza per empenta/retrocés. El primer mitjançant els cables el segon per mitjà d'un mecanisme de pinyó cremallera instal·lat en la ploma o també mitjançant cables i tambor muntats en la superestructura. Tots els motors d'accionament són elèctrics.
- La descàrrega del cassó es realitza pel fons d'aquesta. Un motor elèctric situat a la ploma acciona, mitjançant un cable, la comporta.

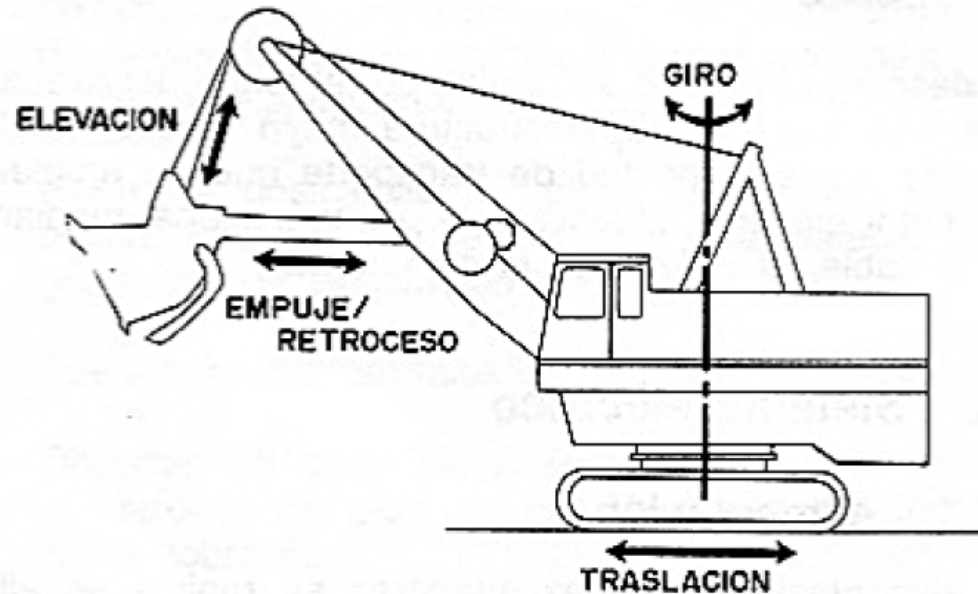


Figura 11.— Movimientos en una excavadora.

Sistema elèctric

Alimentació

L'alimentació a les excavadores es realitza en alta tensió des de la xarxa trifàsica de distribució de l'explotació. Des d'ella alimenta mitjançant un cable flexible a l'excavadora.

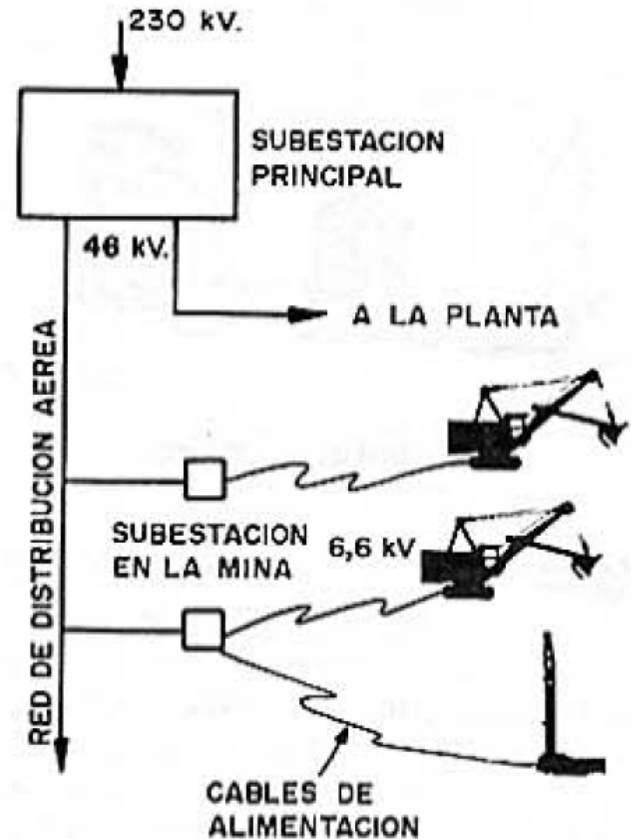


Figura 12.— Sistema típic de alimentació i distribució.

Superestructura giratòria

- Com ja es va esmentar van instal·lats tots els sistemes de comandament i control elèctric, a més de suports de la ploma, i estructura principal al costat del bastidor en "A" que manté la posició de la ploma mitjançant cables.
- La cabina de l'operador en la qual estan instal·lats els controls, està situada a la part davantera, situant-se en qualsevol de les dues cantonades.
- A la part posterior de la superestructura giratòria, va el contrapès, utilitzant qualsevol element per a aquest propòsit com boles de molí desgastades. Les especificacions només indiquen el pes dels materials per al correcte equilibrat de la màquina.



Mecanisme de gir

- Permet el gir de 360° en qualsevol dels dos sentits, creat a partir d'un o diversos (número parell) motors situats verticalment, mitjançant engranatges rectes, els quals acaben engranant en la corona dentada de gir solidària a la infraestructura. Entre les dues estructures, se situen un grup de corrons bojos, per distribuir el pes.



Mecanisme d'elevació

- L'elevació de la cullera es fa sempre mitjançant cables, de manera que el seu mecanisme està compost per un o dos motors elèctrics i una transmissió per engranatges fins al tambor d'enrotllament.
- El mecanisme porta un fre de sabata, accionat per una molla per mantenir el cassó elevat durant els desplaçaments de la màquina. Si interrompre el corrent elèctric s'acciona automàticament per impedir la caiguda de la cullera.

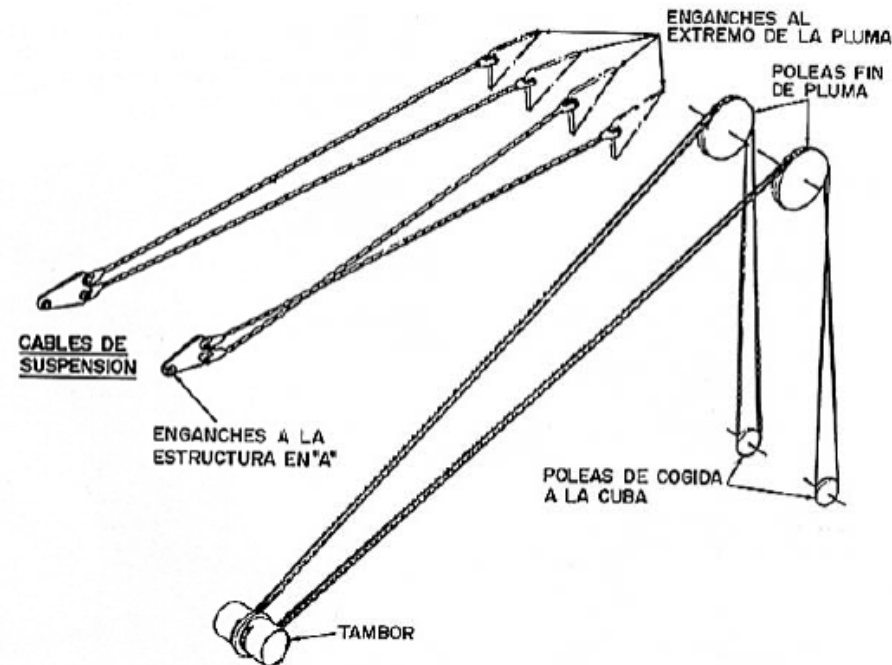


Figura 34.— Cables d'elevació.

Mecanisme d'empenta de la cullera

- El sistema que munta Marion consisteix en un mecanisme de pinyó i cremallera accionat per motor elèctric o hidràulic. Tot el conjunt va muntat a l'aire sobre la ploma, prop de la guidera, de manera que augmenta la inèrcia en el gir de la màquina.
- Les excavadores Bucyrus per als moviments d'empenta i retrocés de la cullera en l'acció d'excavació, transmeten aquests moviments al braç per mitjà de cables, el mecanisme que acciona aquests va situat al centre del costat davanter de la superestructura.

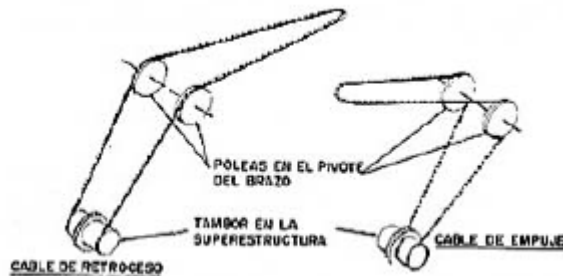


Figura 35.— Cables de empuje y retroceso.

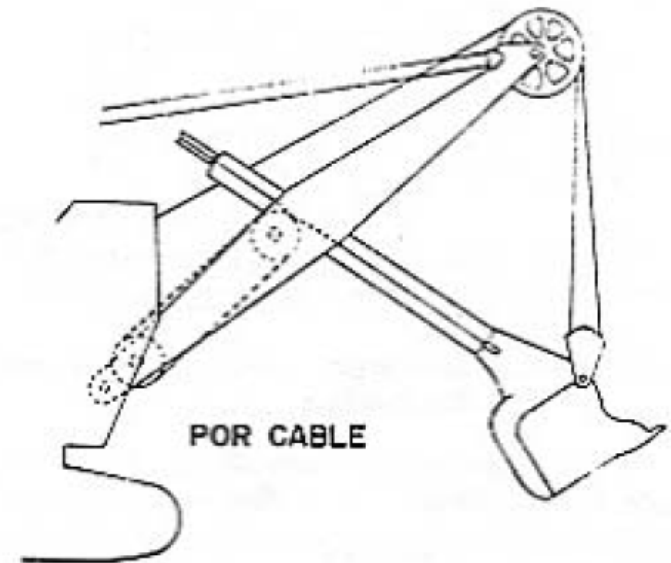


Figura 23.— Sistemas de empuje del cazo.

Operacions

Cicle bàsic

- El cicle bàsic de treball de la màquina sol consistir a excavar al front del tall, omplir la cullera, girar fins situar-se sobre l'element receptor, descarregar i girar fins a la posició inicial per repetir el cicle.
- El cicle es fa sobre la infraestructura immòbil durant el cicle. Amb angles inferiors a 120° de gir, el cicle no supera el 1/2 minut.

25% temps excavació
32% temps gir
33% temps descàrrega i gir
10% posicionament de la cullera

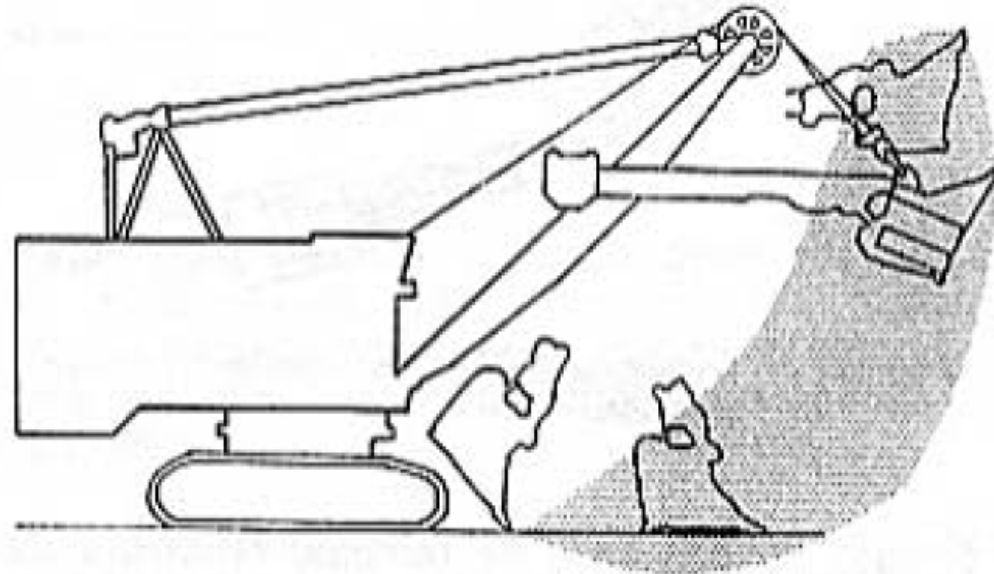


Figura 39.— Perfil de trabajo de una excavadora.

Operacions

Trasllat entre talls

- A causa del ús d'erugues i les seves dimensions, el trasllat entre talls no és ràpid (<3 km/h).
- Requereix d'un pis en bones condicions.
- Els canvis de direcció han de ser graduals, entre 15 i 20 °.
- Dependència de la màquina del cable elèctric.

Pis del tall

- A causa de les mancances d'utilització de l'excavadora, sol ser obligatòria la presència de maquinària auxiliar com ara per preparar el terreny, reparar la zona de bolquets, etc.

Excavació i càrrega

- S'aconsella que l'altura del front $<$ l'alçada de les politges d'elevació a l'extrem de la ploma.

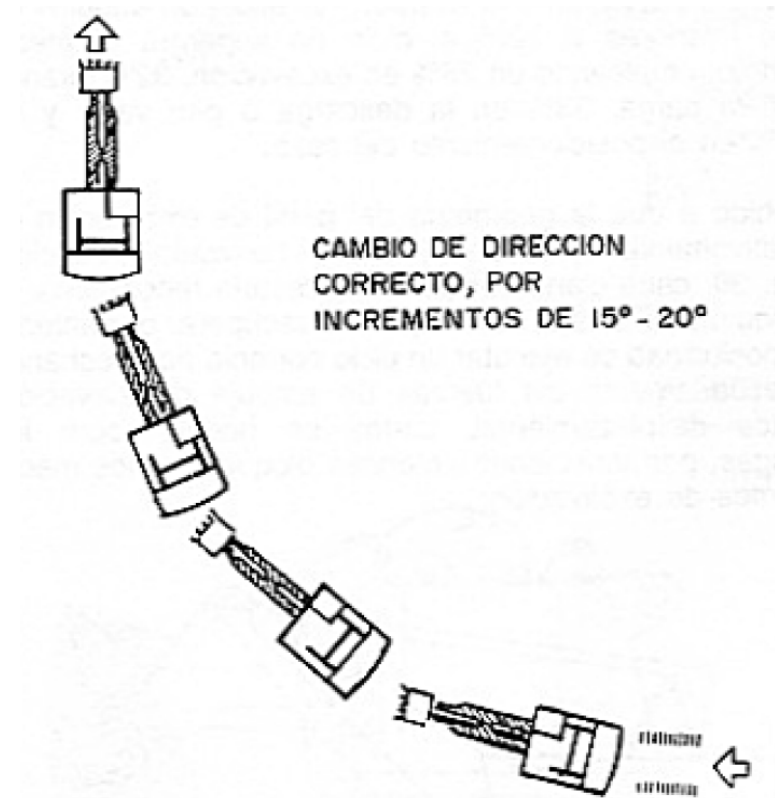


Figura 40.— Trayectoria de una excavadora en un cambio de

Operacions

- Situar amb les erugues perpendiculars al tall
- Omplir la cullera en dues o tres passades
- Abocament sobre transport.

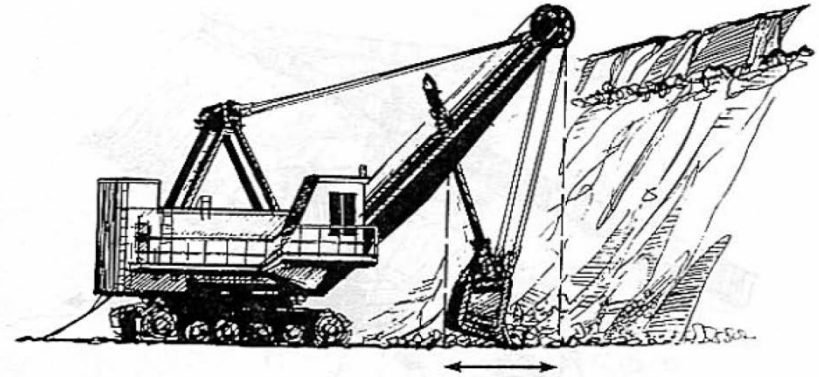


Figura 42.— Zona correcta para iniciar la excavación.

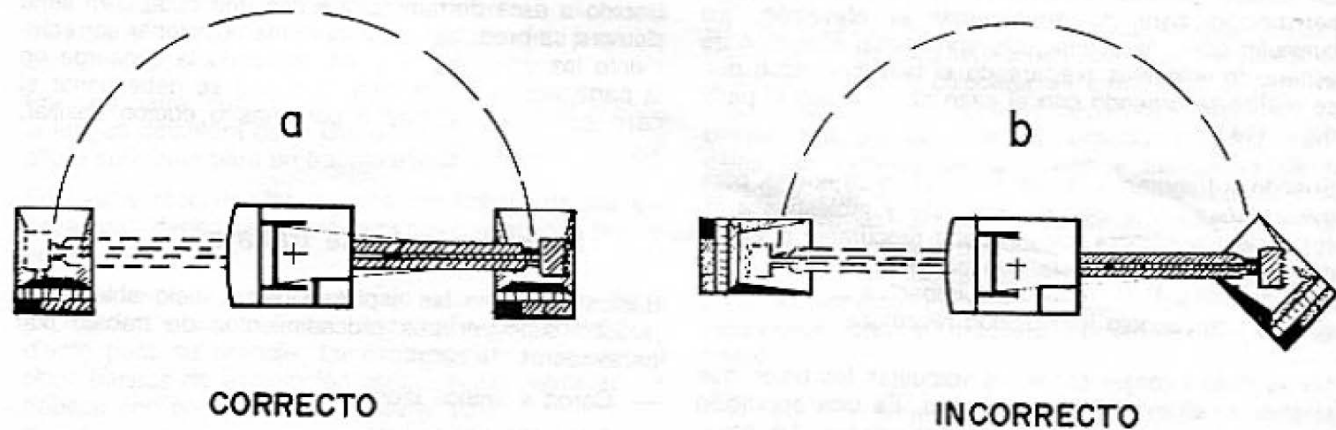


Figura 44.— Colocación relativa de los volquetes y excavadora para efectuar adecuadamente la descarga y que no se vean afectados por los derrames.

Operacions

Procediment de treball

- Càrrega a banda i banda, on tal com el seu nom indica, va alternant la descàrrega als dos costats de l'excavadora.

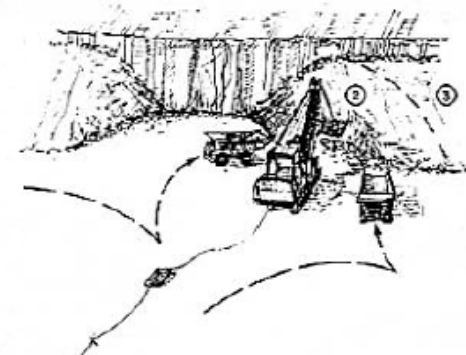
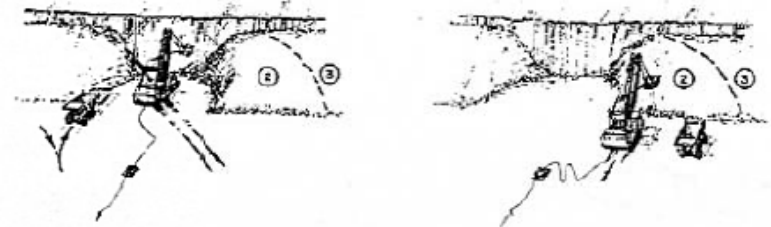
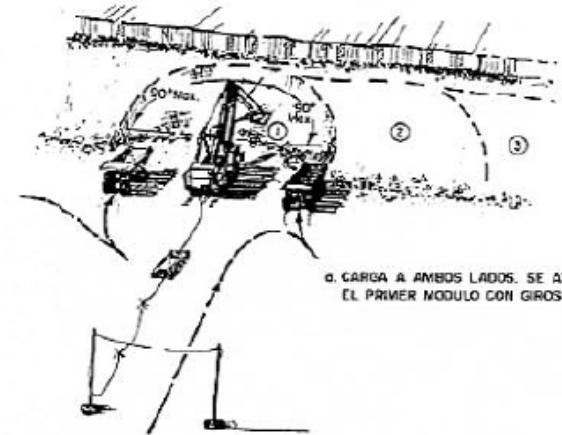
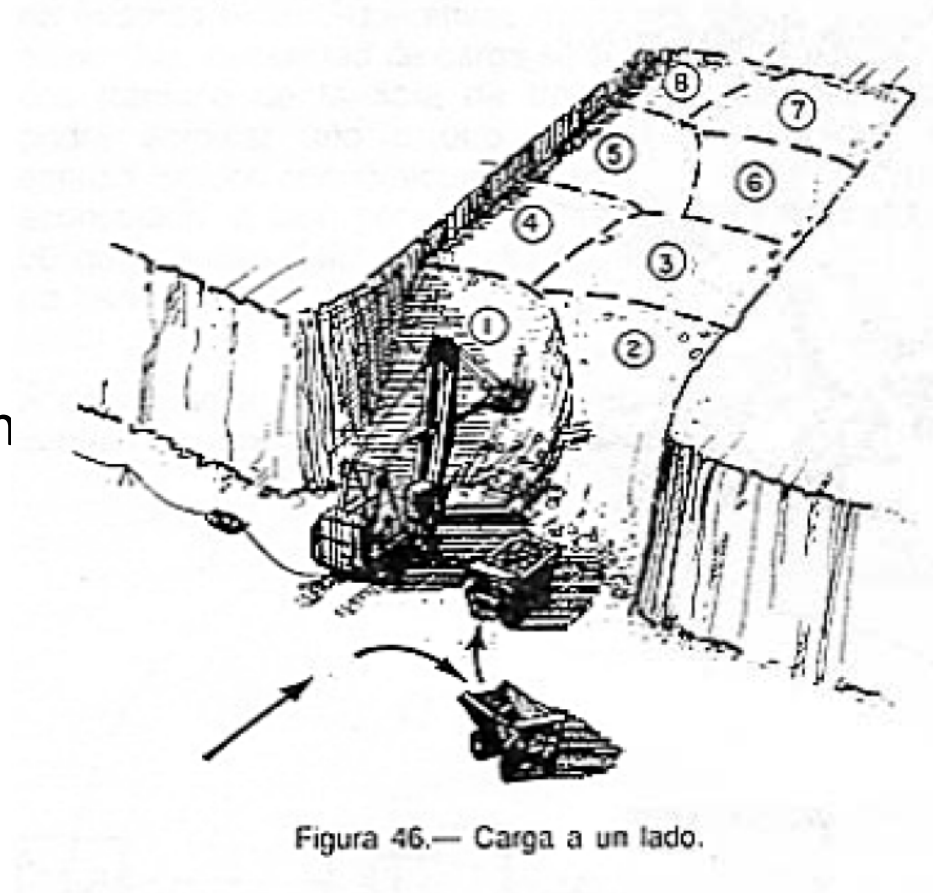


Figura 45.— Carga a los dos lados.

Operacions

Procediment de treball

- Càrrega a un sol costat, els receptors només es posicionen en un costat fix.



Operacions

Procediment de treball

- Avanç paral·lel al banc. Càrrega en paral·lel, en aquest cas l'exploració del banc es realitza transversalment.

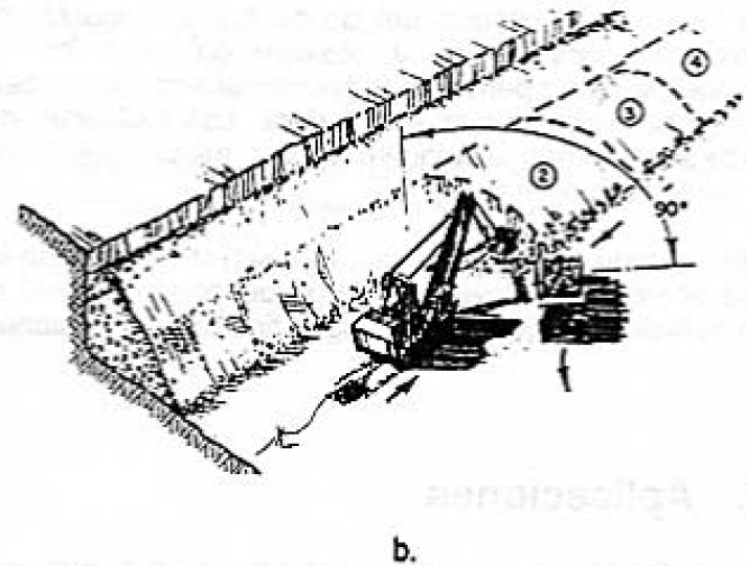
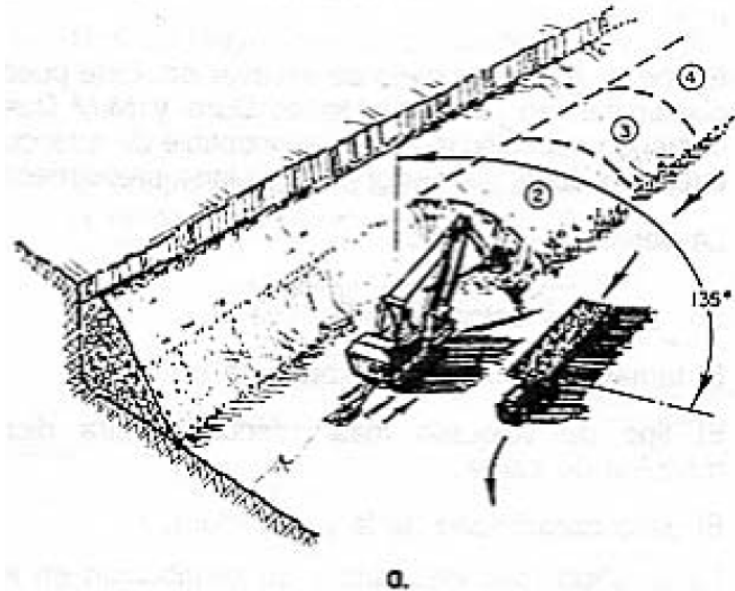


Figura 47.— Carga en paralelo, sobre trailer o remolque (a) o sobre volquete (b).

Selecció

Dades de partida:

- Producció desitjada, P [m^3/h].
- Tipus de material.
- Densitat de la roca.

Podem determinar:

- Mida cullera [m^3].
- Capacitat del dúmper.
- Massa excavadora [t].
- Potència excavadora [kW].
- Alçada braç [m].



Selecció cullera

TIPO DE MATERIAL	BLANDO	MEDIO	DURO	MUY DURO
CAPACIDAD DEL CAZO C (m ³)	$\left(\frac{P}{117}\right)^{1,33}$	$\left(\frac{P}{71}\right)^{1,23}$	$\left(\frac{P}{50}\right)^{1,15}$	$\left(\frac{P}{31}\right)^{1,13}$

P (m³/h)



Selecció dúmper

	TIPO DE MATERIAL			
	BLANDO	MEDIO	DURO	MUY DURO
CAPACIDAD DEL VOLQUETE (t)	6-11 C	5,5-9 C	4,5-8 C	4-7 C

C (m³)



Massa excavadora

$$P = 37 \cdot C$$

P és la massa [t].

C és la capacitat de la cullera[m³].



Potència excavadora

$$W = 80 \cdot C$$

W és la potència [kW].

C és la capacitat de la cullera[m³].

45% elevació.

18% dir

14% empenta

23% translació



Alçada braç

$$H = 10 + (0.2 \cdot C)$$

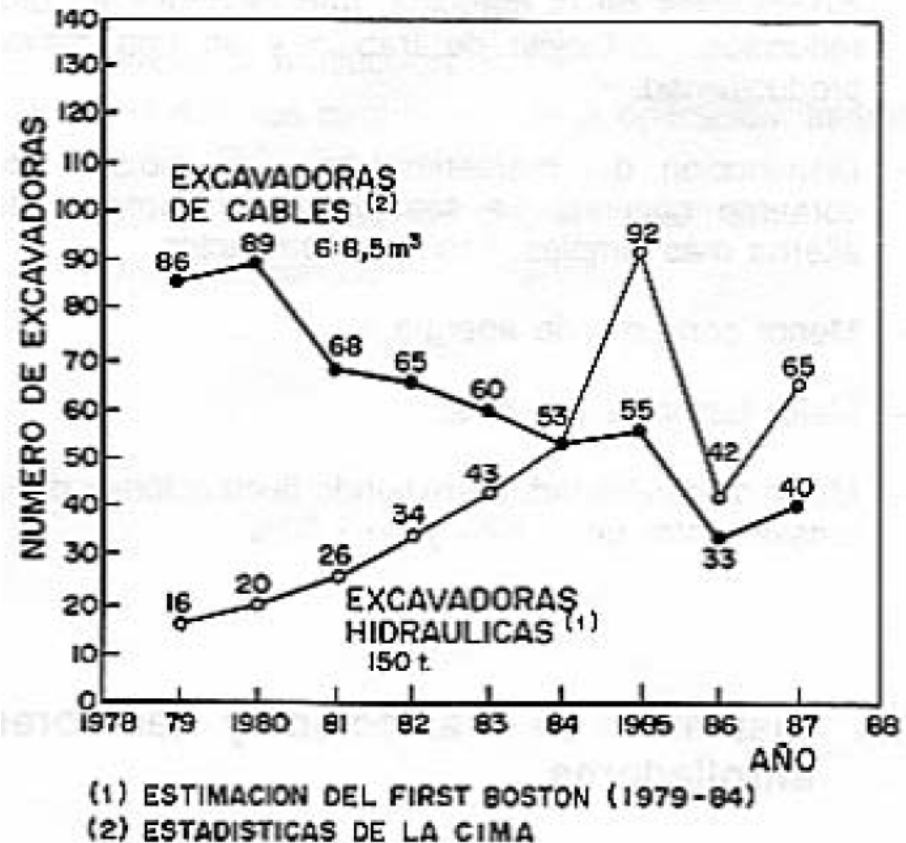
H és l'alçada [m].

C és la capacitat de la cullera[m³].



Selecció model

- Segons característiques.
- Fabricants: P%H, Caterpillar, Dresser-Marion, Bucyrus Erie.
- Només competitives si la cullera és $> 14 \text{ m}^3$.



Aplicacions

- S'utilitzen tant en l'explotació de recobriment com de mineral.
- Especials per a condicions de treball extremes.
- Gràcies a la seva dilatada vida útil, són idònies, per explotacions de grans dimensions.
- Pot arrencar materials de no molt excessiva resistència, o pot estar ajudat per pre-voladures, o simplement per la càrrega dels materials volats.



EXCAVADORES HIDRÀULIQUES - HYDRAULIC EXCAVATOR



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional

Introducció

- Les excavadores hidràuliques van aparèixer per primera vegada sobre els 1950 a Alemanya amb la finalitat de realitzar rases amb facilitat, gràcies a la seva gran capacitat de moure terres de forma ràpida.
- Les primeres màquines consistien en un xassís proveït d'uns eixos on es trobaven els pneumàtics, un eix de gir i finalment la superestructura. Eren de motor dièsel.
- Aquest tipus de maquinària va tenir una gran acceptació en la societat i en els 1960 ja existien unitats de 14 t sobre rodes i de 44 t sobre erugues.
- Les excavadores hidràuliques han anat substituint les excavadores per cables en mineria. Deixant a aquestes últimes només útils en el sector de les grans explotacions a cel obert.
- En l'actualitat s'han convertit en unes màquines auxiliars insubstituïbles en les explotacions mineres per a l'obertura de rases i fonaments, demolició d'estructures ...

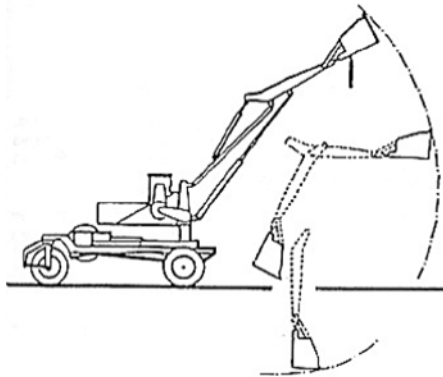


Figura 1.— Diseño original de la excavadora hidráulica.

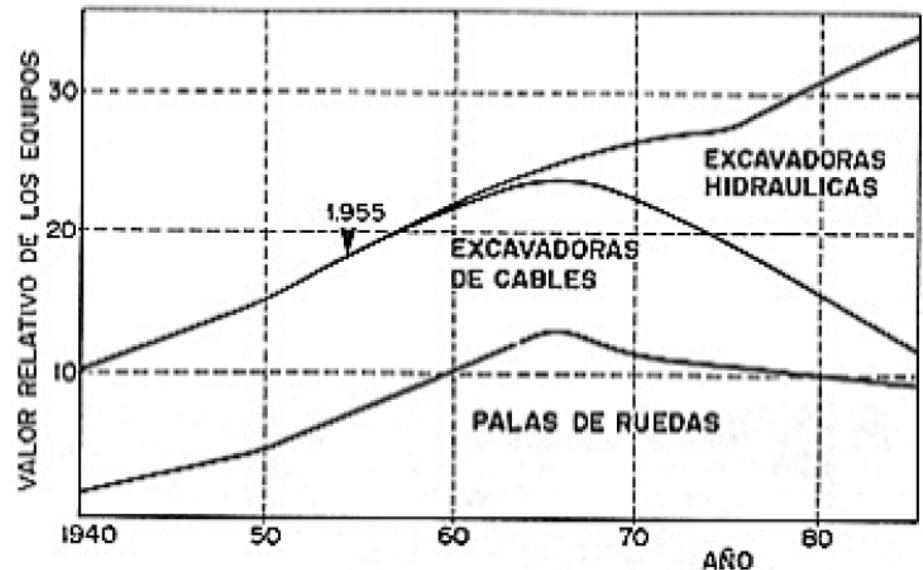


Figura 2.— Evolución de las ventas de las máquinas de movimiento de tierras.

Tipus



Pala frontal - Hydraulic front shovel



Retroexcavadora - Hydraulic backhoe

Tipus

Pala frontal - Hydraulic front shovel

- Capacitat de 2 a 25 m³
- Una potència de 224 kW a 1790 kW
- Masses d'operació de 50 fins a 425 t

Retroexcavadora - Hydraulic backhoe

- Capacitats de 2 a 30 m³
- Potències de 224 kW a 1790 kW.
- Masses en servici de 52 a 425 t



Disseny

- Disseny compacte i un pes en relació a la capacitat de les seves culleres molt reduït.
- Mobilitat i flexibilitat enorme en operació.
- Les versions dièsel poden arribar a una velocitat de desplaçament de fins a 2.4 km/h.
- Les excavadores hidràuliques exerceixen sobre el terreny una pressió específica molt reduïda (0.09 a 0.2 MPa.).
- L'accionament independent de les erugues permet que puguem posicionar les màquines on volem operar amb gran exactitud.
- Les erugues permeten remuntar pendents de fins al 80% i que la màquina pugui treballar en pendents del 60%.
- Els cicles de càrrega es redueixen notablement gràcies a velocitats de rotació que van de 2,5 a 5 rpm.



Disseny

- Tenen una força de penetració i d'excavació molt elevades permetent l'arrencada directe de materials compactes.
- Les evolucions de disseny de les màquines permeten la reducció considerable dels danys en els bolquets gràcies al major control en la descàrrega i una millor distribució del material.
- Permeten una explotació selectiva per la seva gran versatilitat per orientar el cassó al front d'explotació. El seu poc espai d'operació converteixen aquestes màquines en l'equip ideal per realitzar excavacions en trinxeres, fons de cortes, alimentació d'equips mòbils com matxucadores mòbils ...
- Consum d'energia moderat per la seva gran eficiència i a la seva petita potència relativa instal·lada.
- Vida útil mitjana de 25.000-35.000 hores d'operació. (8 h/d i 220 d/a = 14.2 anys)
- Els costos d'operació i inversió són mitjans. No necessitaren gaires equips auxiliars, en comparació a les de cables.
- Facilitats de desplaçament i instal·lació a l'obra.

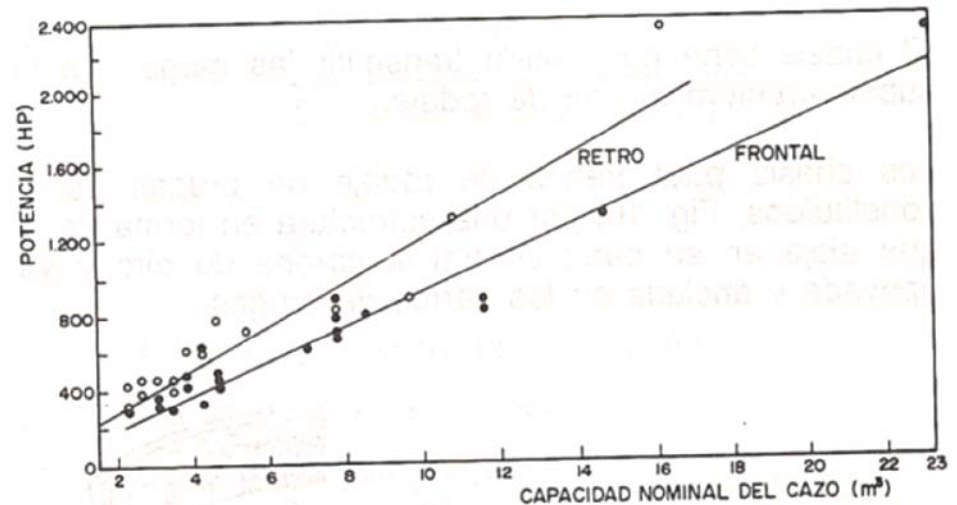
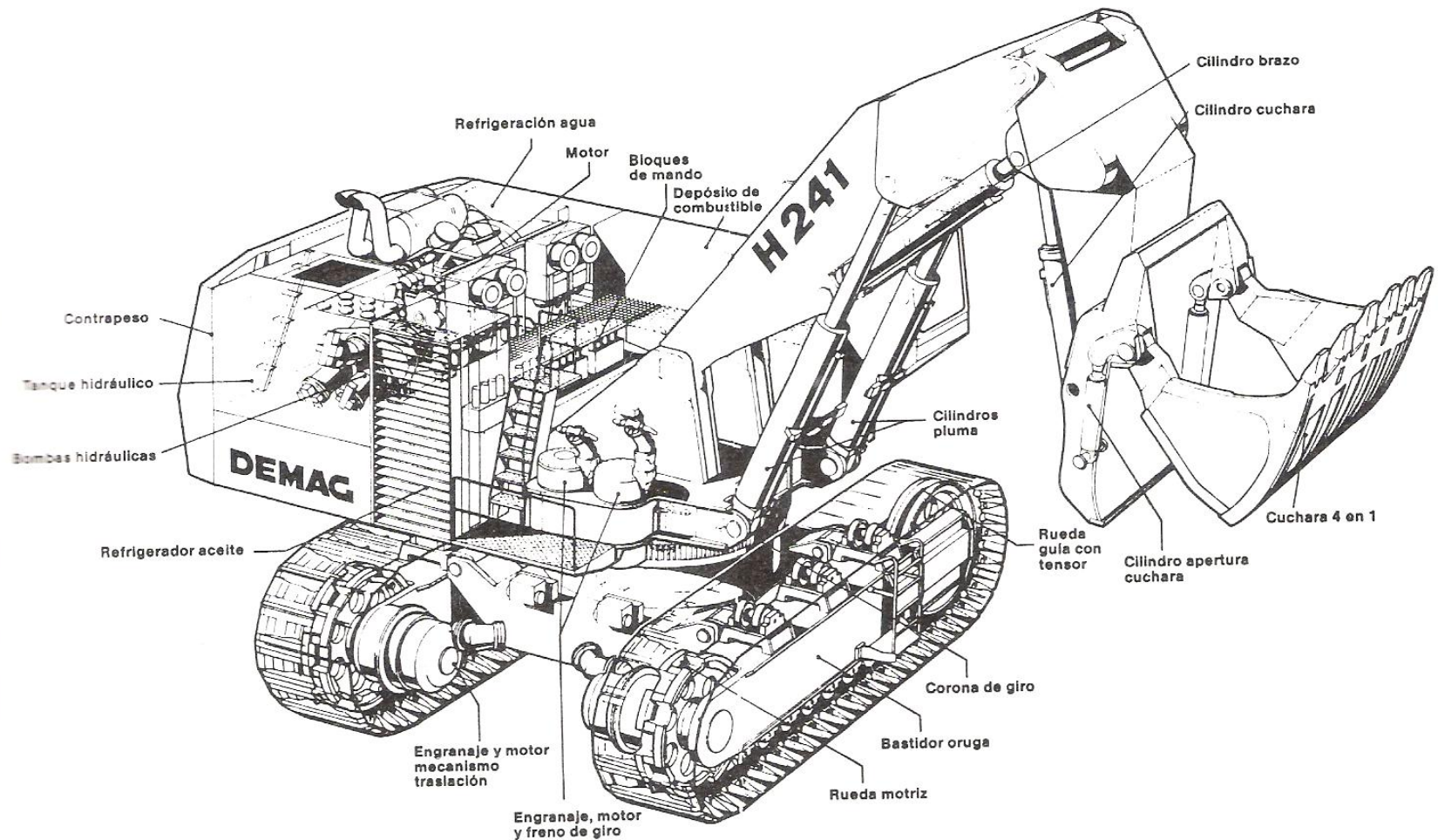


Figura 8.— Potencia instalada en función del tamaño del cazo en excavadoras frontales y retros.

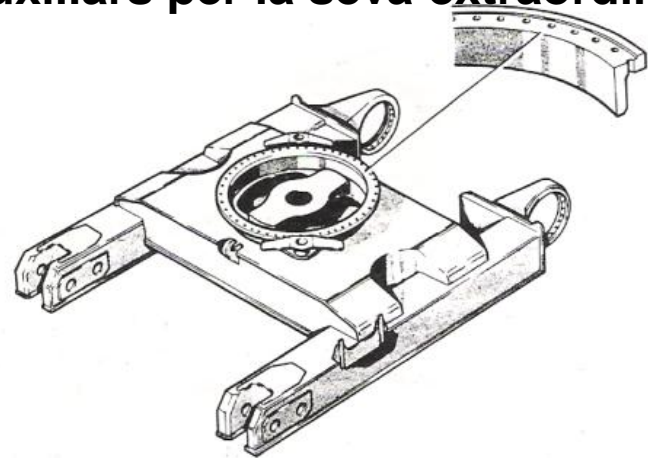
Parts de la màquina



Xassís i tren de rodatge

El xassís és l'element que té com a finalitat transmetre les càrregues de la superestructura al tren de rodatge. Hi ha dos tipus:

1. El xassís d'erugues que està format per una estructura en forma d'H que allotja a la part central la corona de gir i va recolzada i ancorada en els carros d'erugues. **Els avantatges del xassís d'erugues sobre el de pneumàtics són: la major tracció sobre el sòl, la menor pressió sobre el terreny, major estabilitat i menor radi de gir.**
2. Els xassís sobre pneumàtics disposen d'estabilitzadors que aporten rigidesa al conjunt, major estabilitat, absorció per part del xassís d'esforços i sacsejades, supressió d'esforços per fatiga sobre els eixos i frens, i anivellació de l'equip en terrenys irregulars. **El tren de rodatge sobre pneumàtics està limitat en unitats amb pes d'operació inferior a les 30 t. Aquests equips s'utilitzen normalment com equips per a treballs auxiliars per la seva extraordinària mobilitat.**



Xassís i tren de rodatge

El tren de rodatge forma una plataforma de treball estable, suporta els moviments de la màquina permetent girar durant la translació i finalment aporta al conjunt mobilitat i capacitat per remuntar pendents.

La pressió transmesa al terreny es calcula de la següent manera:

$$P = \frac{W}{2 \cdot N \cdot [L + 0,35 \cdot (M - L)]}$$

On W és la massa en operació de la màquina, L la longitud entre les rodes guia, M longitud de les erugues, N amplada de les erugues.



Superestructura

La superestructura és un conjunt format per dues bigues calaix un conjunt de mòduls adossats que han d'absorbir els esforços transmesos per l'equip de treball en l'excavació i l'acceleració produïda pel gir, estant unida al xassís mitjançant la corona de gir.

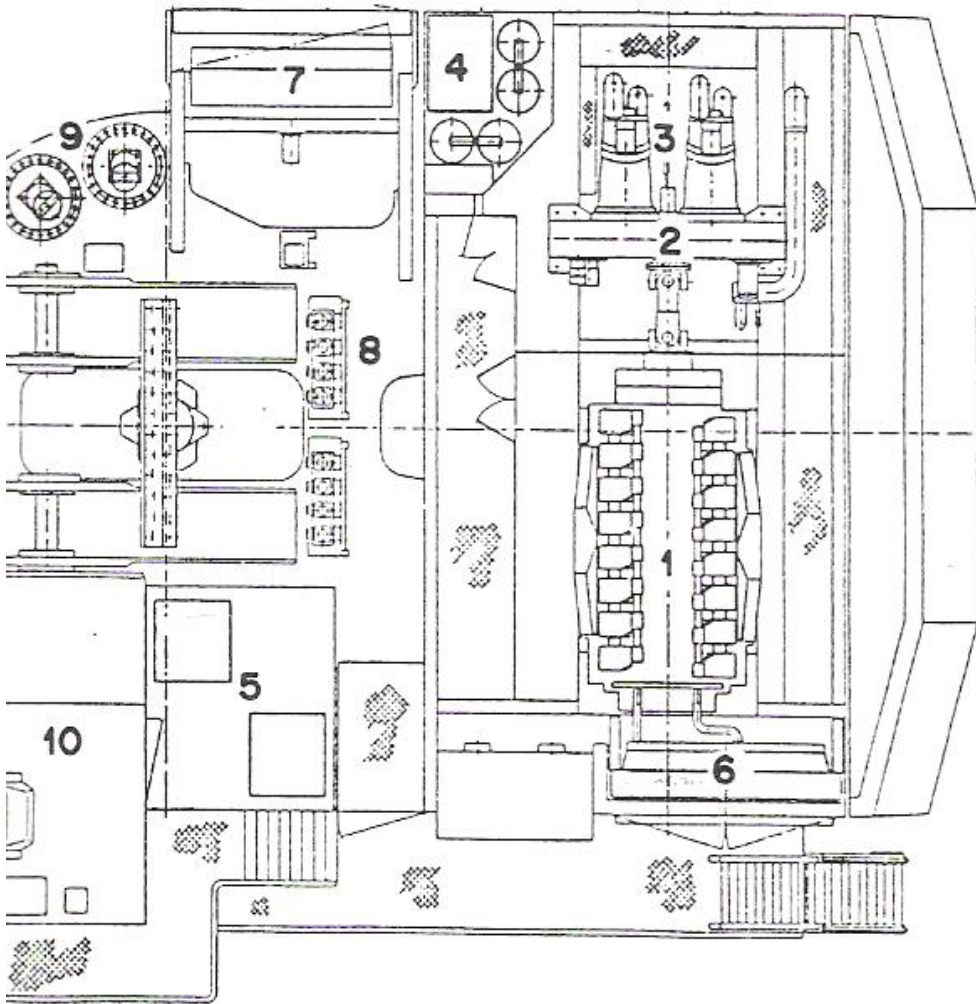
La corona de gir és l'element de l'excavadora que permet la rotació de la superestructura, amb relació al xassís inferior que roman fix sobre el sòl. La corona està formada per un coixinet de boles, de rodets o mixtes, que disposa d'un dentat exterior o interior sobre el qual actua el pinyó final del motor hidràulic d'accionament



Superestructura

Elements instal·lats sobre de la superestructura

1. Unitat motriu
2. Reductor
3. Bombes
4. Dipòsit d'oli hidràulic
5. Dipòsit de combustible
6. radiador
7. Refredador del circuit hidràulic
8. Distribuïdors
9. Motors i reductors de gir
10. Cabina



Accionament

Normalment les unitats petites i les que s'empren en moviment de terres funcionen gràcies a motors dièsel, però cada vegada més unitats són accionades elèctricament.

Avantatges elèctriques:

- Menor consum.
- Menor cost de manteniment i de recanvis.
- Menors temps morts (repostatges, canvis d'oli ...).
- Menys soroll.
- Més seguretat i disponibilitat mecànica
- Eliminació de la pèrdua de potència amb l'altitud.

Aquests avantatges es resumeixen en un 36% menys d'energia, un 10% menys de recanvis i un 40% menys de mà d'obra.

Inconvenient de l'accionament elèctric:

- Reducció de mobilitat de la unitat.

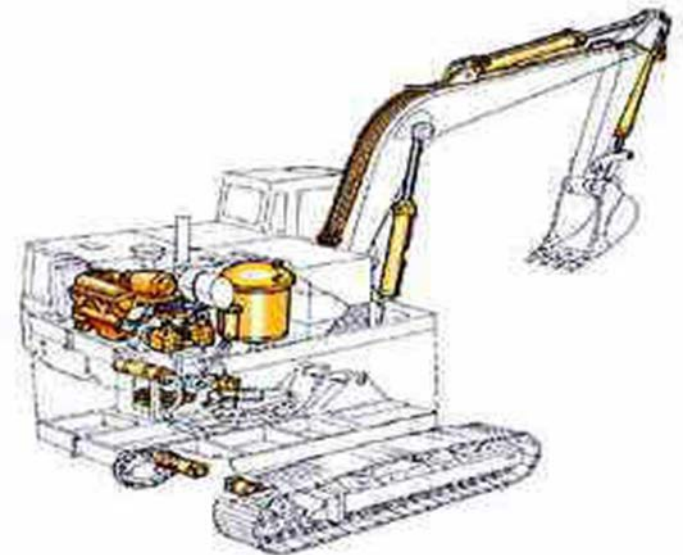
A més els motors dièsel tenen una major durada en treballar amb un baix nivell de revolucions.



Sistema hidràulic

- Els elements més importants d'un circuit hidràulic són:
 - Dipòsit.
 - Bombes.
 - Distribuïdors.
 - Receptors, motors o cilindres.
- Existeixen fórmules per calcular la potència hidràulica a partir de la pressió i el cabal, aquesta potència s'utilitza per moure l'equip de treball (ploma, braç i cullera, corona de gir i motors de tracció).
- La majoria dels fabricants utilitzen una pressió de 30 MPa per aconseguir cilindres i motors hidràulics més petits i lleugers.
- Les bombes tenen incorporat un reductor per ajustar les revolucions del motor.
- Les bombes normalment són de pistons axials, que proporcionen un cabal variable.
- El cabal ha d'arribar a cada element en el moment precís per aconseguir cicles de treball suaus i ràpids.

$$P [kW] = \frac{\text{cabal} \left[\frac{l}{s} \right] \cdot \text{prssió} [Pa]}{450}$$



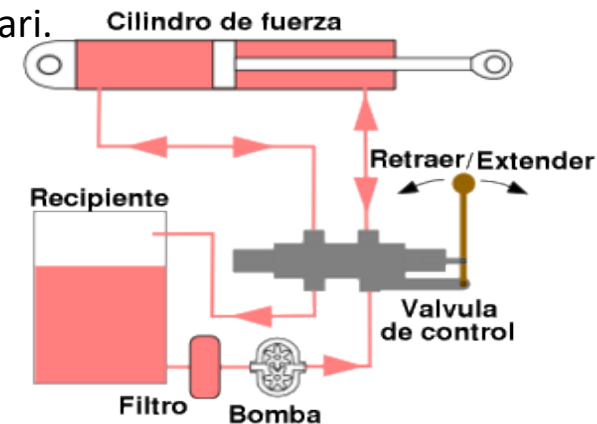
Sistema hidràulic

El fluid comunament utilitzat és algun oli lleuger derivat del petroli per la seva innata qualitat lubricant que allarga la vida de les peces en fregament del sistema.

- Aquests olis han de tenir:
- Viscositat no molt alta i aquesta ha de modificar poc amb la temperatura.
- Elevada resistència a la formació d'escuma.
- Elevada estabilitat amb el temps.
- No han de ser agressius als materials de goma, com mànegues i empaquetatges i com més capacitat lubricant tinguin millor.

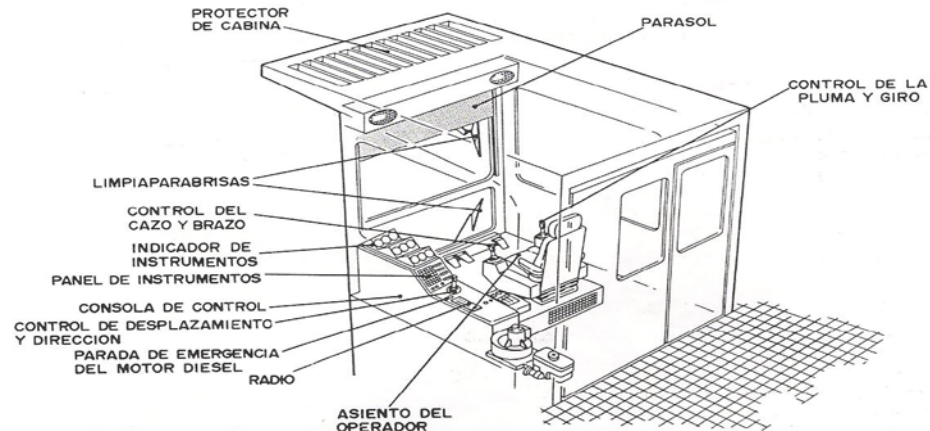
Funcionament:

- Quan la **palanca d'accionament de la vàlvula de control està en la seva posició de repòs (centre)** l'oli bombat per la bomba retorna lliurement al recipient, de manera que el cilindre de força es manté immòbil.
- Quan s'acciona la **palanca de control en qualsevol de les dues direccions**, es tanca la comunicació del retorn lliure al recipient i es connecta la sortida de la bomba a un dels costats del cilindre de força mentre que l'altre costat es connecta al retorn.
- D'aquesta manera l'elevada pressió subministrada per la bomba actua sobre el pistó interior del cilindre de força desplaçant en una direcció amb elevada força d'empenta.
- El moviment de la palanca de control en l'altra direcció fa l'efecte contrari.



Cabina

- Part fonamental de l'excavadora hidràulica perquè aquesta té una gran influència indirecta en el rendiment de les excavadores, i caldrà que siguin funcionals i confortables.
- Normalment la cabina està establerta a la banda esquerra de la màquina, així l'operador té major facilitat per posicionar ràpidament el bolquet, d'aquesta manera tots dos operadors es troben en contacte visual.
- La cabina ha de situar amb alçada suficient i ha de disposar d'un vidre panoràmic.
- La cabina ha de comptar primer amb dues palanques de comandament la primera de braç i cullera l'altra serà la de ploma i mecanisme de gir.
- Ha de tenir una palanca de translació.
- Consola que proporcioni una informació completa sobre la situació de la màquina a l'operador.
- Aïllament de la cabina contra soroll i vibracions.
- Calefacció i aire condicionat.
- Seient anatòmic.



Equip de treball

En les excavadores hidràuliques els equips bàsics de treball són:

- Frontals (1)
- Retros (2)
- Bivalva (3)

Aquests equips de treball cada un està constituït pels següents elements:

- Ploma.
- Braç
- Cullera

La ploma i el braç estan constituïts per elements estructurals de tipus calaix, per resistir les tensions i torsions que s'originen durant l'excavació. En les articulacions dels diferents components i a la zona de majors esforços, es disposen de peces d'acer fos. S'utilitzen dissenys dels contorns amb radis grans en les unions per disminuir les concentracions de tensions.



Equip de treball: frontal

L'equip frontal es compon de la ploma, el braç i la cullera en el seu extrem.

Trobem dos tipus de cassons:

1. **Els de descàrrega pel fons.** Són els més usats pel fet que s'aconsegueix un millor control de la càrrega ja que el pot dipositar la càrrega més a prop de la caixa del bolquet. Permet deixar anar primer els materials fins fent després de matalàs dels materials més grans.

AVANTATGES: Cicles de treball són més reduïts pel fet que el posicionament de la cullera i la seva descàrrega és molt més ràpid. Tenen grans forces de penetració i excavació, i tenen una enorme versatilitat ja que pot manipular grans quantitats de materials i netejar la zona de càrrega.

2. **Els de descàrrega per volteig .** S'utilitzen en casos especials (escòries calentes o materials abrasius)

AVANTATGES: Major capacitat, un menor pes i uns costos de manteniment menors.

INCONVENIENTS: Ha de aixecar més la cullera allargant el cicle de càrrega i danyant amb més facilitat els bolquets. Descàrrega més imprecisa.

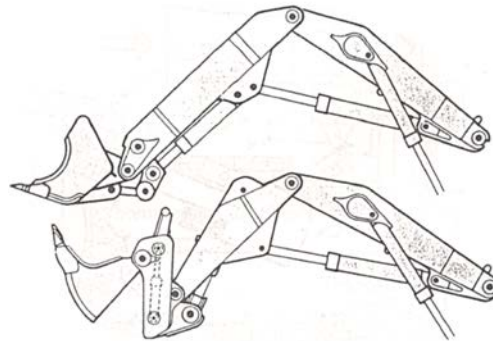
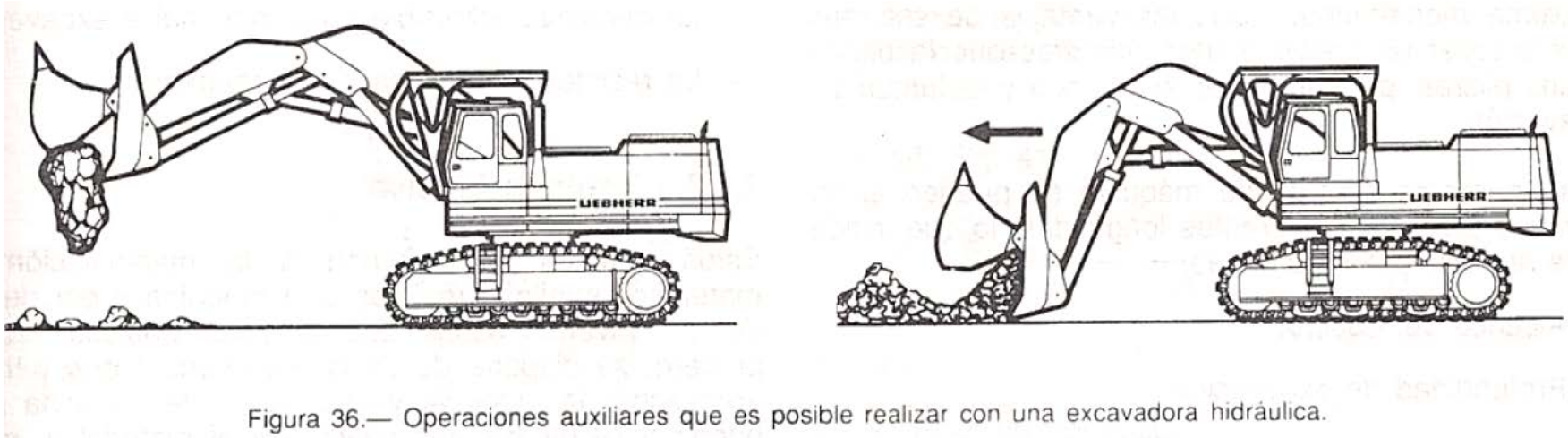


Figura 35.— Equipos frontales.



Equip de treball: frontal



Equip de treball: retro

L'equip retro es compon de la ploma, el braç i la cullera, aquests estan articulats entre si i accionats mitjançant cilindres hidràulics.

És possible variar en una mateixa màquina les longituds de les plomes i dels braços aconseguint:

- Variar l'abast de l'equip
- Profunditat d'excavació
- Alçada de descàrrega
- Capacitat de la cullera

Quan hàgim triat l'equip es tindran fixades la força de penetració, la força d'elevació, la densitat admissible en el material a excavar i la resistència màxima a la penetració.

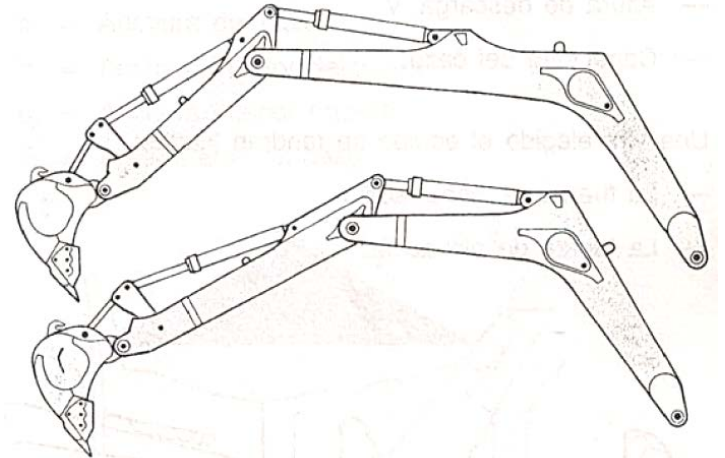


Figura 37.— Equipo retro.

Equip de treball: retro



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional

Equip de treball: bivalva

L'equip anomenat bivalve es destina a la manipulació de materials solts propers a la màquina i que es troben per sota del seu nivell.

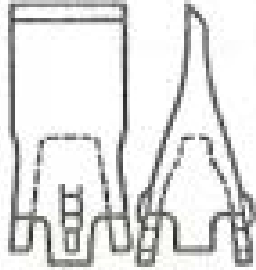
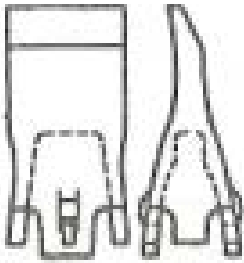
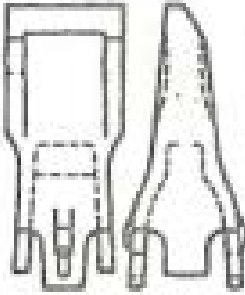
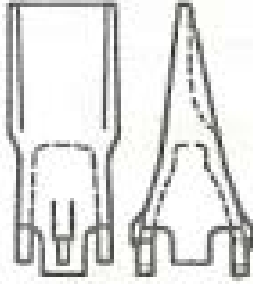
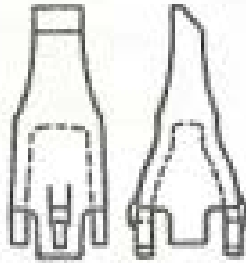
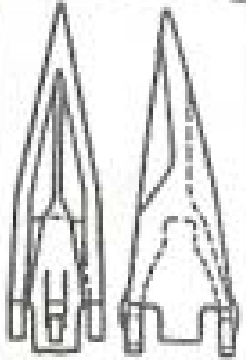
Podem trobar dos tipus de dissenys:

1. Disposa d'un cilindre central que permet aprofitar la potència i el pes de la pròpia màquina per tancar les dues valves en el material.
2. Té unes pinces multigarres que cadascuna està accionada per un cilindre independent, això permet que s'adaptin a les formes irregulars del material que volem manipular.



Cullera

Tipus de dents de la cullera segons el tipus de terreny:

Standard	R	LP	FP	RDX y RDXH	VIP
					
Tierra vegetal, arena y grava.	Suelo pesado y hasta roca meteorizada.	Roca meteorizada y dura pero arrancable.	Material con penetrabilidad media, roca descompuesta, o muy bien volada.	Roca deteriorada y dura pero arrancable, normalmente volada.	

Operativa

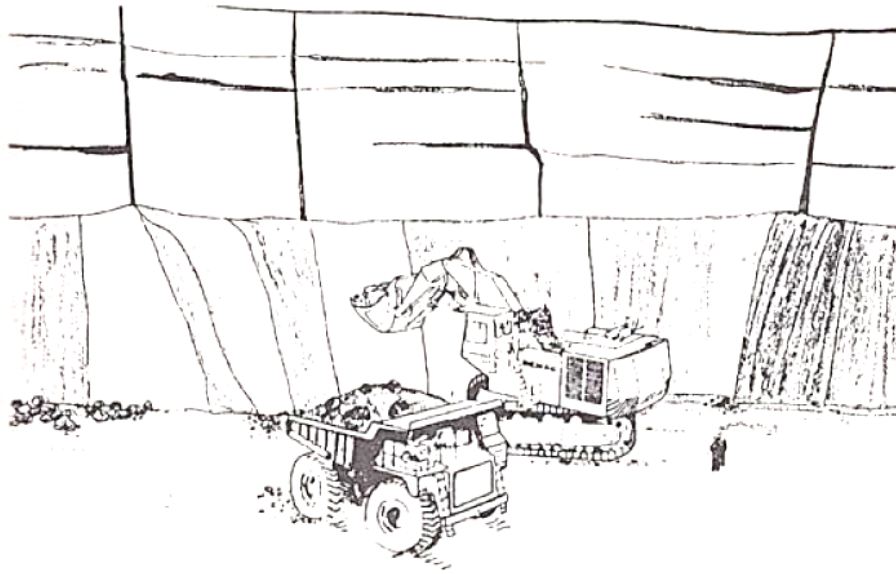
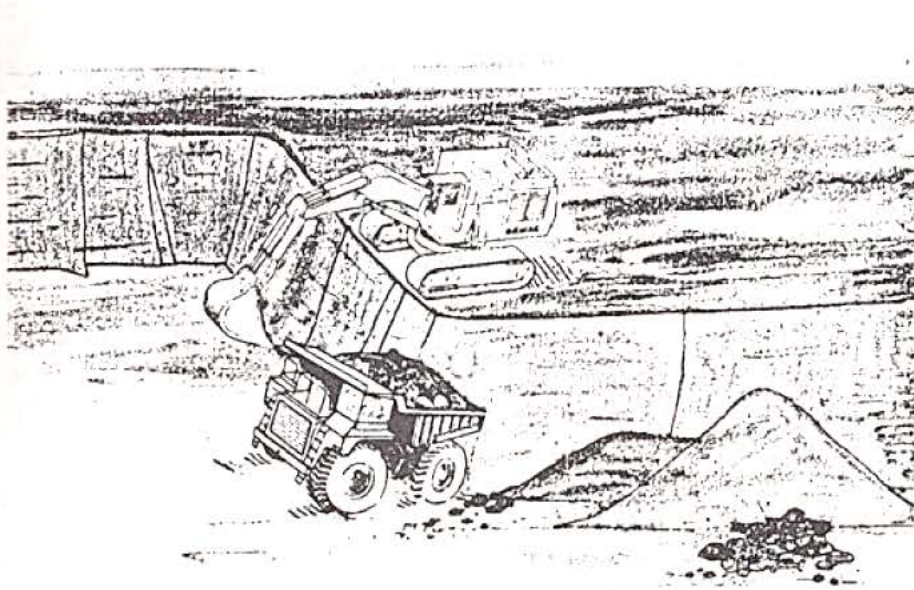


Figura 52.— Equipo frontal.

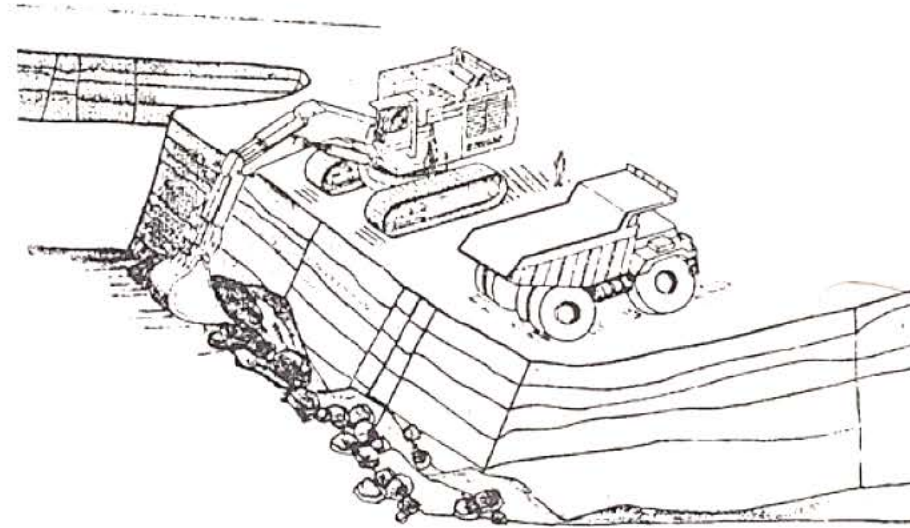


Frontals: Màquina i dúmper al mateix pla.

Operativa



a)



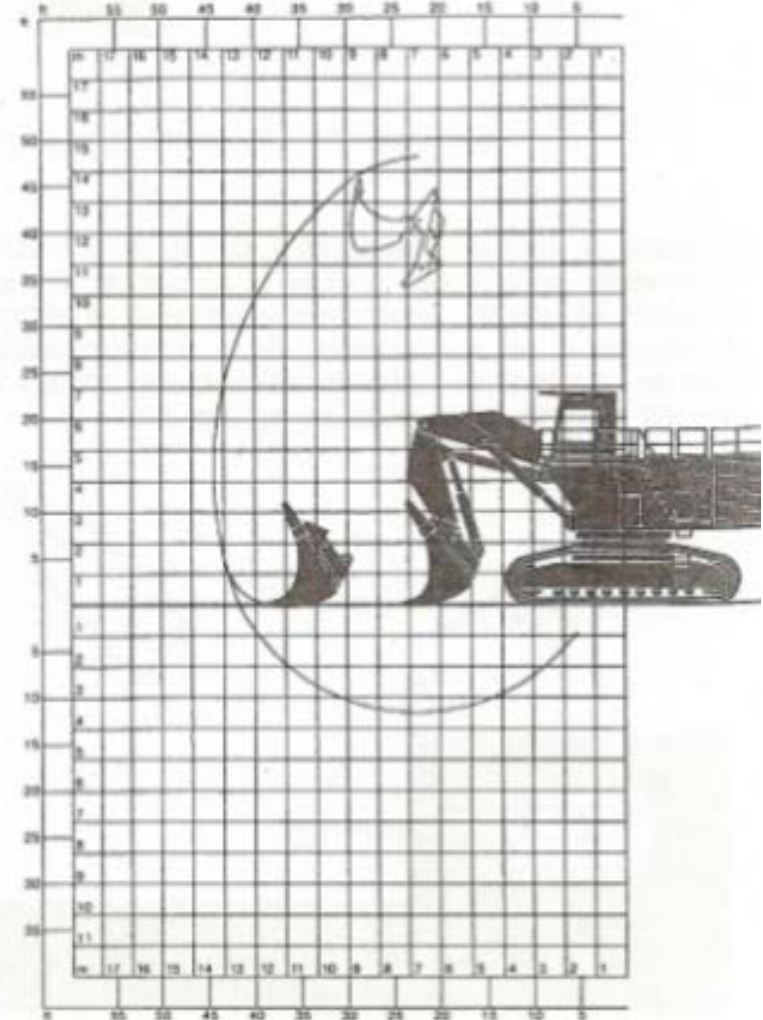
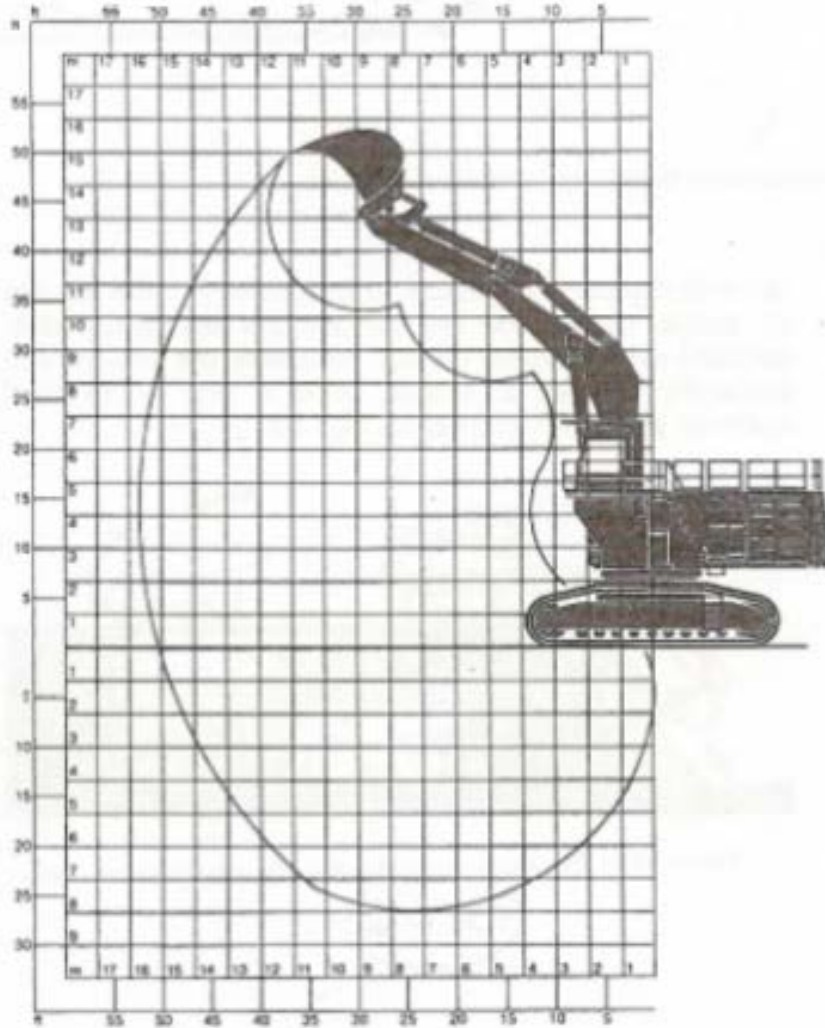
b)

Figura 53.— Equipo retro trabajando con volcetes en distinto (a) y al mismo nivel (b).

Retro: Màquina i dúmper al mateix pla o dúmper al pla inferior.



Perfils d'excavació d'una unitat frontal i una retro de la mateixa potència



Operativa

En el cas d'una retroexcavadora, el temps de cicle és més petit i per tant el temps de màxim rendiment s'aconsegueix quan l'angle de gir i l'elevació és mínima. Això s'aconsegueix col·locant el bolquet a un nivell inferior a la retroexcavadora i tan a prop d'ella sense arribar a ser perillós

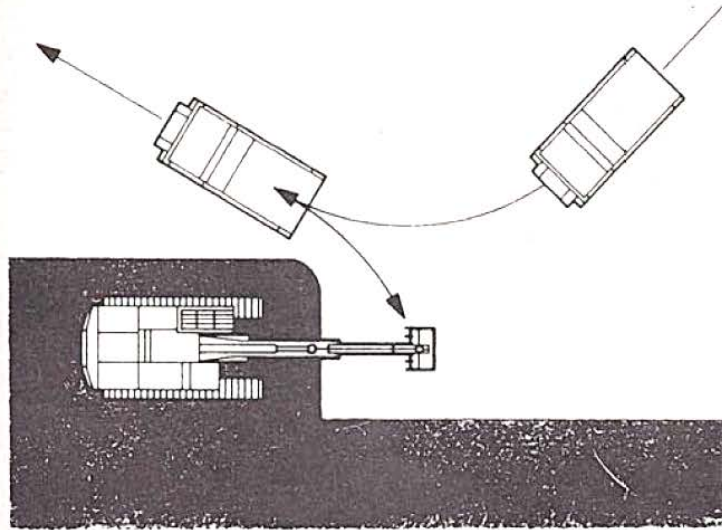


Figura 54.— Posicionamiento de un volquete en el tajo de carga de una retroexcavadora.

La retroexcavadora treballa sempre per sota del nivell d'erugues, podent situar el bolquet al nivell inferior o en el mateix que l'excavadora. Un mètode per augmentar la productivitat de l'equip de càrrega, reduint així els temps d'espera d'aquest, consisteix en la utilització de dues bolquets pot situar a banda i banda o un en el nivell superior i un altre a inferior.

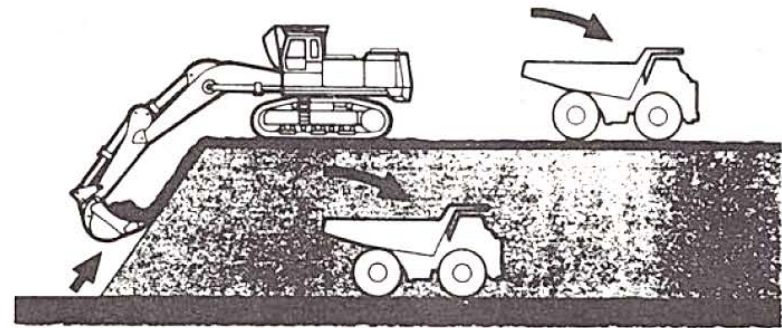
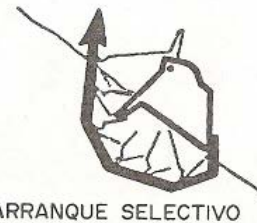


Figura 55.— Empleo de dos volquetes con una retroexcavadora.

Aplicacions

- Arrencada i càrrega en bancs d'alçada generalment inferior a 15 m.
- Les frontals són alternativa a les de cables.
- Treballen conjuntament amb bolquets i en, ocasions amb trituradores mòbils descarregant el material sobre tremuges.
- També podem utilitzar les excavadores hidràuliques per diferents procediments auxiliars.



Selecció

Quan es vol explotar un determinat material utilitzant una excavadora hidràulica hi ha 3 fases prèvies:

1. Definició de les característiques bàsiques.
2. Elecció del sistema de treball.
3. Selecció de models.



DEFINICIÓ DE LES CARACTERÍSTIQUES BÀSIQUES

Les dades de partida que cal plantejar són:

1. Producció horària amb la qual es vol extreure el material en m^3/s
2. La duresa del material que es va a extreure: excavable/no excavable (tou, mitjà, dur o molt dur).
3. La densitat de la roca.

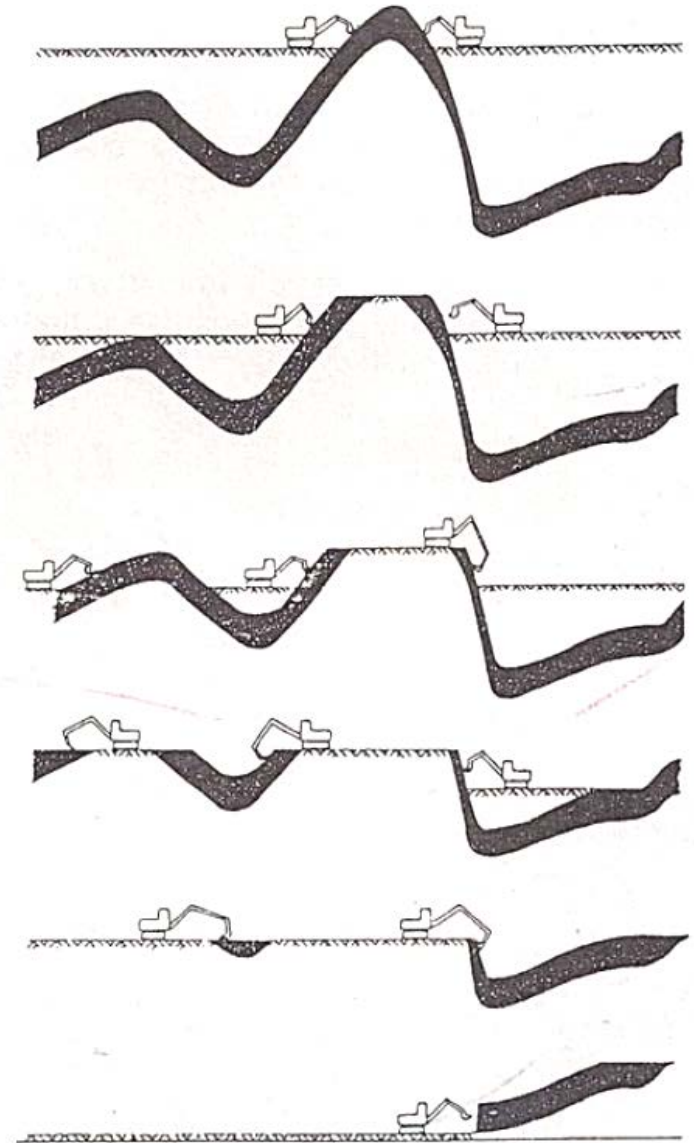


Figura 57.— Utilización de excavadoras frontales y retros en la explotación de una capa de carbón replegada.



MIDA CULLERA

Sent P la producció horària [m³/h] que es requereix:


TIPO DE MATERIAL	BLANDO	MEDIO	DURO	MUY DURO
TAMAÑO DEL CAZO (m ³)	$\left(\frac{P}{117}\right)^{1,33}$	$\left(\frac{P}{71}\right)^{1,23}$	$\left(\frac{P}{50}\right)^{1,13}$	$\left(\frac{P}{31}\right)^{1,18}$




CAPACITAT DEL DÚMPER

Se suposa que l'excavadora carrega el dúmper en un nombre de cicles comprès entre 3 i 5. Depenent de la mida de les excavadores es podrà determinar el rang de capacitats:

PESO DE EXCAVADORA HIDRAULICA (t) \ CAPACIDAD DEL VOLQUETE (t)	25	35	40	50	55/60	75	85	100	120	130	170
55	MUY ADECUADO	MUY ADECUADO	MUY ADECUADO								
70	ADECUADO	MUY ADECUADO	MUY ADECUADO	MUY ADECUADO	ADECUADO						
90		ADECUADO	MUY ADECUADO	MUY ADECUADO	MUY ADECUADO	ADECUADO					
120					MUY ADECUADO	MUY ADECUADO	MUY ADECUADO	ADECUADO			
200							MUY ADECUADO	MUY ADECUADO	MUY ADECUADO	MUY ADECUADO	ADECUADO
280							ADECUADO	ADECUADO	MUY ADECUADO	MUY ADECUADO	MUY ADECUADO

 MUY ADECUADO

 ADECUADO

ALÇADA DE BANC

És funció de l'abast de la màquina en frontals.

En retros venen limitades per l'alçada de la caixa del dúmper (ja que treballen per sora del nivell).

Com a regla general, si l'alçada del banc és H en [m], i C és la capacitat de la cullera en [m³]:

$$\text{Frontal: } H[\text{m}] = 4 + 0.5 \cdot C$$

$$\text{Retro: } H[\text{m}] = 4 + 0.1 \cdot C$$



MASSA DE LA MÀQUINA

Massa aproximada de la màquina: hi ha una bona relació entre la grandària de la cullera, C en [t], i la massa de la màquina W en [t]:

$$W(t) = 17 \cdot C(t)$$

POTÈNCIA DE LA MÀQUINA

$$P_w(kW) = 59 \cdot C(m^3)$$

La grandària de la cullera, C en [m^3], i la potència de la màquina W en [kW]:



SISTEMA DE TREBALL

Dependrà de:

1. Posició de la màquina.
2. Tipus de material.

Encara que els equips frontals disposen de majors forces de penetració i d'excavació, l'aplicació d'aquestes forces es veu limitada per l'adherència de la màquina al terreny.

Amb l'equip retro, la màquina penetra el material i puja de manera que no es veu afectada l'estabilitat de la màquina. Així doncs, permet arrencar materials més compactes que l'equip frontal.



SISTEMA DE TREBALL: Posició de la màquina

Frontals:

- Fronts alts.
- Ideals per a canteres.

Retros:

- Alçada banc limitada (5-6 m).
- Possibilitat de cicle més curt amb dúmper al banc inferior.
- Pot operar en males condicions si el dúmper està al banc inferior.



SISTEMA DE TREBALL: Tipus de material

Frontals:

- Més força
- Menys estabilitat al aplicar la força.

Retros:

- Menys força
- Més estabilitat al aplicar la força.

LES RETROS ARRANQUEN MATERIALS MÉS COMPACTES QUE LES FRONTALS.

Moviments
durant l'excavació:

FRONTAL	RETRO
<ol style="list-style-type: none">1. Avance horizontal y penetración en el material.<ul style="list-style-type: none">• Penetrar con el cilindro del brazo.2. Llenar el cazo<ul style="list-style-type: none">• Girar el cazo	<ul style="list-style-type: none">• Penetrar con el cilindro del brazo.• Levantar la pluma.• Girar el cazo.



SELECCIÓ: FRONTAL VS RETRO

TIPO DE OBRA	EQUIPO	
	FRONTAL	RETRO
a) Canteras, roca volada Frentes medios Frentes altos	XX XX	X —
b) Minas: Movimiento de estéril Movimiento de carbón Arranque selectivo: — Capas horizontales — Capas inclinadas Materiales muy blandos	XX XX XX X —	X XX X XX XX
c) Obras Públicas: Excavación bajo agua Canales y zanjas Graveras Carreteras Túneles	— — — XX XX	XX XX XX X —
LEYENDA: — (no recomendado o no posible) x (posible) xx (recomendado)		



SELECCIÓ DE MODELS

Un cop ja s'han contemplat les dues fases anteriors, es passa a la petició d'ofertes tecnicoeconòmiques als fabricants o distribuïdors de les màquines. Cal tenir en compte els següents components:

XASSÍS

Es tracta d'un dels punts més importants de la màquina ja que ha de suportar i transmetre a terra els grans esforços que s'originen durant l'excavació. S'estudiaran i compararan les següents característiques:

1. Robustesa
2. Massa
3. Dimensions
4. Llum des del terra
5. Ancoratge i suport als carros
6. Relació del pes del xassís i del rodatge respecte al pes total de la màquina



TREN DE RODATGE

És el que ens serveix per desplaçar la màquina. Els elements a estudiar són els següents:

- Longitud i amplada de les erugues
- Tipus de sabates
- Diàmetre de les rodes guia i motriu
- Nombre de rodets superiors i inferiors i diàmetre dels mateixos
- Potència dels motors de tracció
- Tracció disponible
- Velocitat de translació màxima
- Pressió sobre el sòl
- Pendent remuntable



CORONA DE GIR

Hi ha de dos tipus: tancada (amb les dents interiors) i oberta (amb les dents exteriors). La primera alternativa té com avantatge que es troba protegida contra la pols i el fang, i la segona disposa de dents majors i pot observar el correcte funcionament del greixatge.

Cal analitzar els següents punts:

- Velocitat de gir.
- Parell i cabal hidràulic de la bomba de gir.
- Tipus de rodament de la corona.
- Sistema de greixatge.
- Posició del pinyó d'atac a la corona.



EQUIP DE TREBALL: CULLERA

- Cinemàtica equip frontal.
- Recorregut horitzontal de la cullera.
- Abast màxim
- Abast de descàrrega.
- Relació amplada/volum.
- Distància entre les dents i l'eix de gir de la cullera.
- Angle de tombada de la cullera.
- Massa de la cullera.
- Proteccions antidesgast.

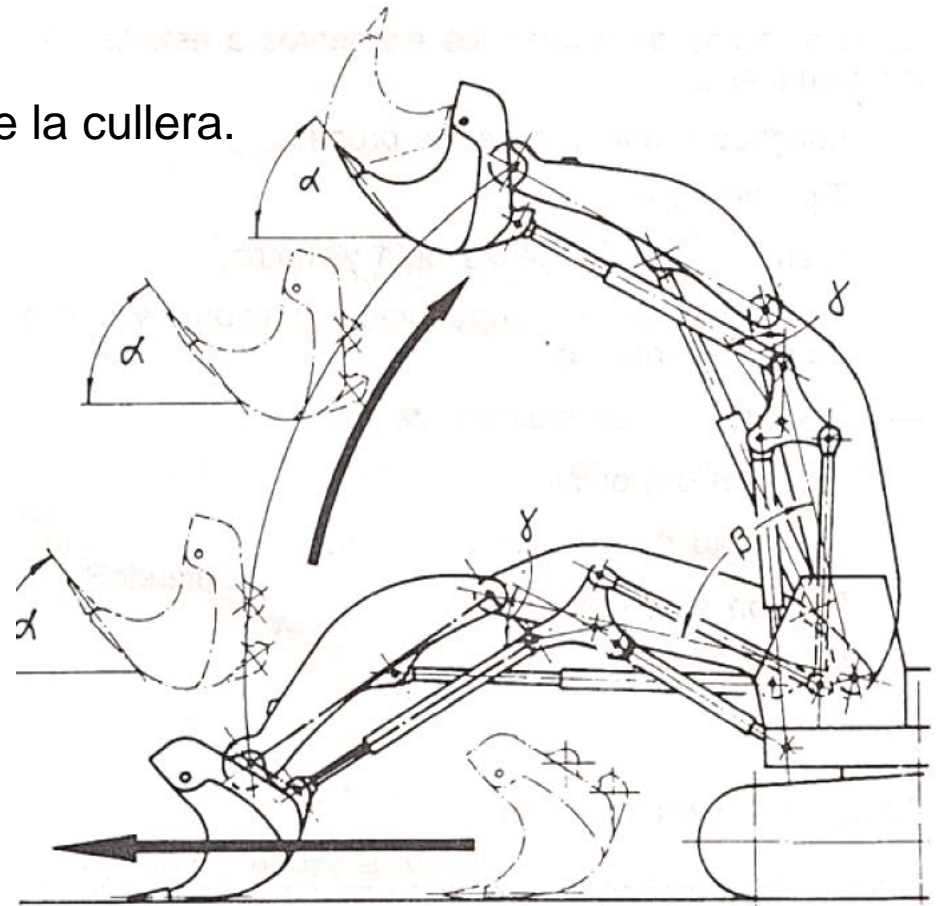


Figura 61.— Cinemàtica de un equipu frontal.

TENDÈNCIES

La primera excavadora va aparèixer el 1970 amb un pes de 100 t. A partir d'ella s'ha anat incrementant la mida d'aquestes seguint l'augment de la potència. A l'actualitat ja s'ha aconseguit dissenyar excavadores de 500 t. Depenent del pes de la màquina, es destinés a un ús o a un altre.

S'ha millorat també la cinemàtica de la màquina, augmentant així la força de penetració, mantenint constant la força d'elevació, mantenint constant l'angle de la cullera i millorant la posició flotant quan està buit.

S'ha simplificat molt els circuits hidràulics disminuint el nombre de bombes i augmentant el cabal de les mateixes. D'aquesta manera, s'ha aconseguit millorar molt els moviments de la màquina.

Peso servicio (t)	Capacidad del cazo (m ³)	USO PRINCIPAL
200 - 500	12 - 30	Minería a cielo abierto.
50 - 200	3 - 12	Grandes movimientos de tierras.
< 50	< 3	Máquina auxiliar de carga y otras labores montando diferentes implementos.



TENDÈNCIES

S'ha aplicat nombrosa **electrònica** en les màquines que faciliten molt més el seu funcionament.

Implantació d'un sistema de bord que permet adonar-nos quan una màquina sobrepassa algun límit preestablert. L'operari es dóna compte i l'ordinador de bord indica a l'operador les possibles solucions.

Càrrega assistida per ordinador ens permet programar l'excavadora perquè vagi repetint un mateix cicle, com ara girar de forma automàtica un angle determinat de rotació, descarregar el cassó i tornar al punt inicial. Aquest sistema no permet realitzar automàticament l'ompliment de la cullera ja que aquesta operació només es podrà realitzar manualment.

La implantació de **culleres vibratòries** també ha ajudat a reduir el temps d'exploració. Aquest disseny consisteix en unes fulles dotades d'un moviment vibratori. Aquest moviment ajuda a aconseguir una càrrega més ràpida i resulta més fàcil arrencar materials més compactes.

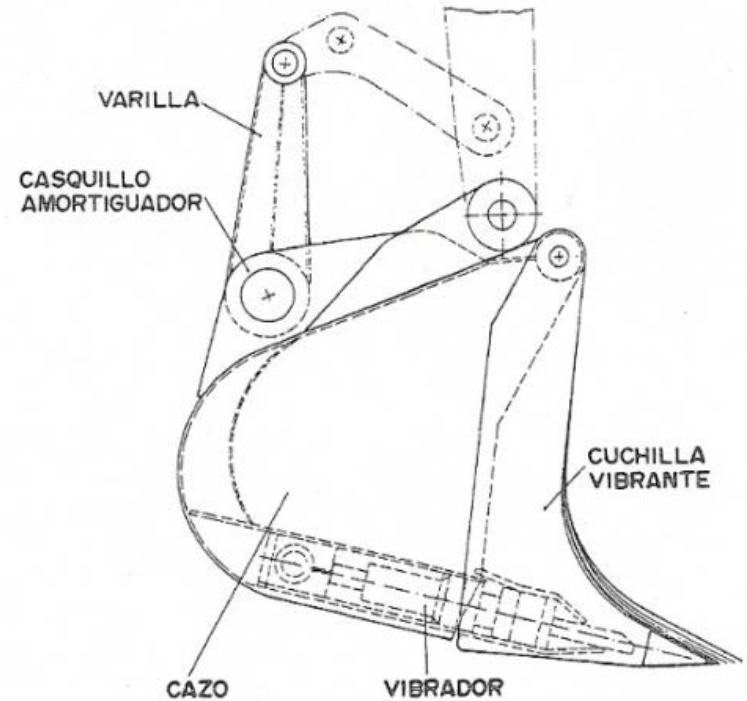


Figura 63.— Esquema de cazo vibrador.

DRAGALINES - DRAGLINE



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional

DRAGALINES - DRAGLINE



INTRODUCCIÓ

1880: La primera Dragalina va ser patentada per Ralph R. Osgood el 1880 i va ser descrita com una excavadora de vapor.

1885: es va utilitzar en una mina la primera draga, amb una ploma de 15 m i un sistema de translació sobre rodes.

1890: es van construir diverses Dragalines autopropulsades, però no giratòries, amb cassons de 0.5 i 0.75 m³ de capacitat i plomes de 25 m.

1910: John W. Page introduir diverses millores en el disseny de les dragalines.

1912: la companyia Bucyrus construeix la primera dragalina muntada sobre erugues, equipada opcionalment amb un motor de vapor, de gasolina o elèctric.. Les erugues proporcionar a aquestes màquines una gran mobilitat, de manera que es van imposar ràpidament.

1913: Oscar Martinson, de la Companyia Monigham, disseny un mecanisme de translació basat en dues sabates, situades a banda i banda de la màquina, que eren associades per dos excèntriques a manera de lleva, sincronitzades a través d'un eix. Van néixer així les dragalines de muntants d'escala o errants, permetent a aquestes màquines deixar de ser uns equips auxiliars de les excavadores de descoberta per convertir-se en unes unitats de producció més, en terrenys secs i durs.



INTRODUCCIÓ

1940: les dragalines comencen a utilitzar-se quan les profunditats del recobriment eren massa grans per les excavadores de descoberta.

1940-1960: es van posar en servei unes 9 dragalines l'any, amb 11 m³ de capacitat mitjana de cullera. El 70% d'aquestes màquines es van aplicar a mines de carbó i la resta en altres explotacions, fonamentalment de fosfat.

1961-1971: la capacitat mitjana de la cullera es va elevar als 30 m³ i el nombre d'aquests a 10 a l'any.

1971-1981: es van incrementar fins als 41 m³ i 29 unitats a l'any.

El principal camp d'aplicació de les dragalines es troba actualment en l'explotació de mines de carbó a cel obert (85%).



TIPUS D'UNITATS

**DRAGALINES SOBRE
ERUGUES**



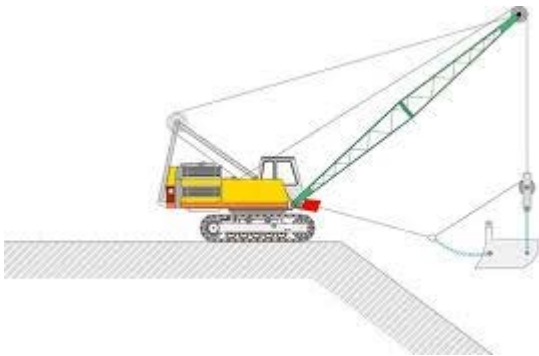
**DRAGALINES SOBRE
MUNTANTS**



TIPUS D'UNITATS

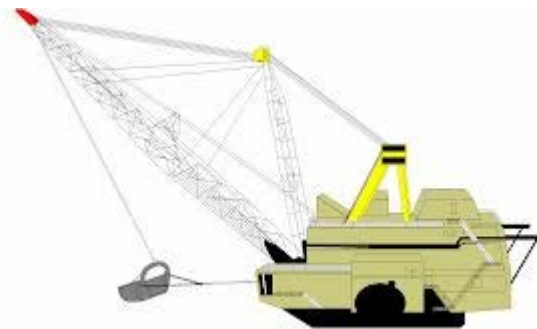
Dragalines d'erugues

- Accionament dièsel amb transmissió mecànica
- Capacitats de 4,5 a 14 m³
- Potències de 550 a 2.000 HP (410 a 1490 kW)
- Pesos en servei de 170 a 3.400 t
- Longituds de ploma de 27 a 60 m
- Velocitats de desplaçament de 1,6 km/h



Dragalines de muntants

- Accionament amb motor elèctric generalment
- Capacitats de 7 a 170 m³
- Potències de 1.200-24.000 HP (895 a 17.895 kW)
- Pesos en servei de 450-13.600 t
- Longituds de ploma de 50 a 115m
- Velocitats de fins a 0,25 km/h



DISSENY

No són màquines estandarditzades, a causa del seu alt cost inicial es realitza un gran esforç en ajustar el disseny i les especificacions a l'exploració.

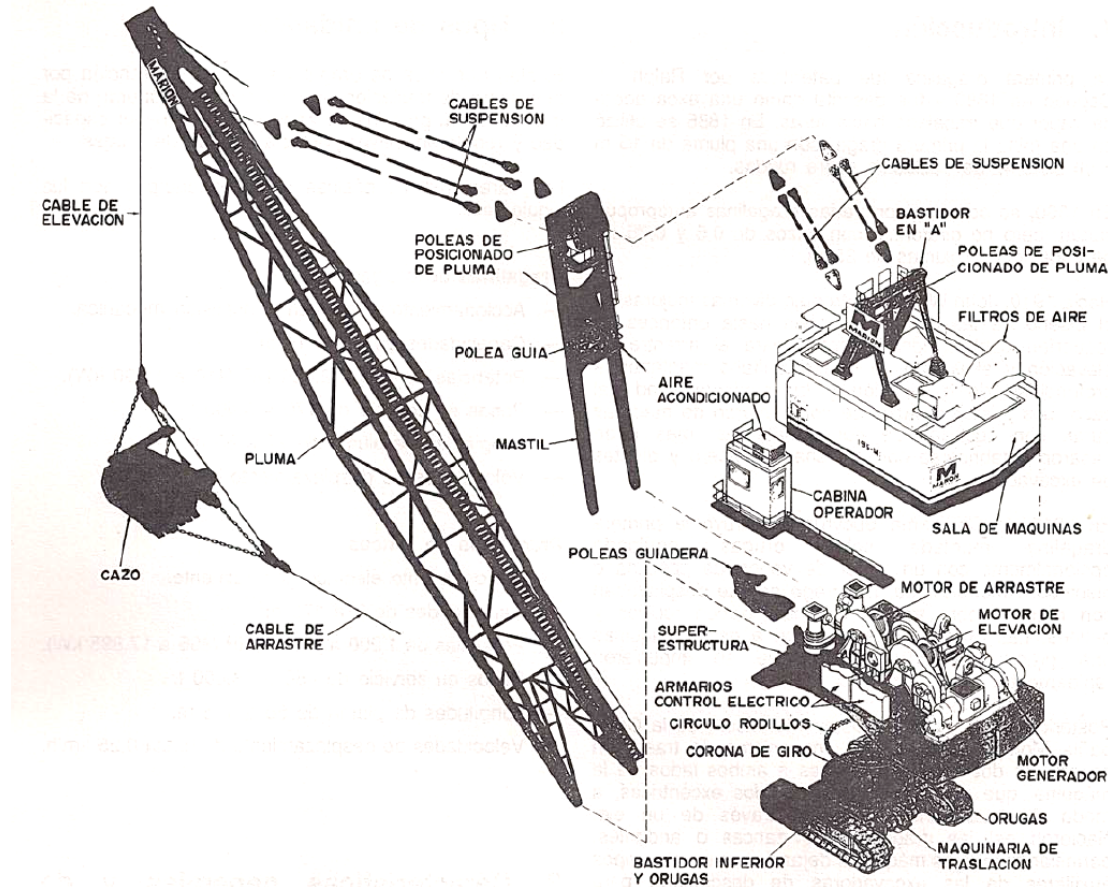


Figura 1.— Dragalina de orugas.

DISSENY: dragalina d'erugues

1. Accionament dièsel.
2. Capacitats de cullera de fins 14m³
3. Longituds de ploma de 27 a 60 m
4. Profunditat d'excavació de fins 45 m
5. Ràdios de fins 55 m
6. Alçades d'abocament de fins 38 m
7. Angles de la ploma de 30 a 60°
8. Pressions específiques de 80-140 kPa
9. Diàmetre del cable d'elevació i arrossegament de fins 7 cm
10. Mobilitat limitada amb velocitats de fins a 1,6 km/h i bona capacitat per remuntar pendents
11. Màquines desmuntables per al seu trasllat a un altre lloc
12. Ploma amb possibilitat d'elevant o descendir
13. Contrapès movable
14. Bona visibilitat de l'operador
15. Bon rendiment d'excavació en terrenys mitjans a durs
16. Equips de treball d'un a dos homes per unitat
17. Manteniment realitzat en la seva totalitat en el tall
18. Cal una alta destresa dels operadors
19. Vida mitjana útil de fins a 50.000 hores



DISSENY: dragalina de muntants

1. - Accionament elèctric. Alimentació elèctrica per cable
2. - Capacitats de cassó de 7 a 170m³
3. - Plomes de 50 a 115 m
4. - Profunditats d'excavació de fins 60 m
5. - Alçades d'abocament de fins 50 m
6. - Pesos de les màquines de fins 14000 t
7. - Angles de les plomes de 30 a 40º
8. - Pressions específiques de 70 a 135 kPa
9. - Sistemes múltiples de cables d'elevació i arrossegament, amb diàmetres de fins a 11 cm
10. - Mobilitat limitada
11. - Pendent remuntable de fins al 8%
12. - Alta maniobrabilitat, en termes de canvis direccionals
13. - Mòduls d'accionament de cada funció amb motors múltiples i separats
14. - Posició fixa de la ploma
15. - Contrapès permanent
16. - Visibilitat de l'operador excel·lent
17. - Bon rendiment d'excavació en terrenys de mitjans a durs
18. - Equips auxiliars necessaris per netejar i preparar la plataforma del banc de treball
19. - Alta fiabilitat de les màquines
20. - Manteniment dels equips en el tall
21. - Vides útils en operació de fins 100.000 h
22. - Inversió inicial gran
23. - Cost d'operació baixos



DISSENY

- Gran rang de radis d'abocament i profunditats d'excavació, aquestes màquines poden **realitzar el transport del material des dels 30 als 200 m del front d'excavació**. El transport s'efectua amb la cullera a l'aire, mentre la dragalina gira sobre la posició de treball. Per això, no està limitada per les condicions del terreny.
- Les màquines es mouen relativament poc, ja que hi ha un **gran volum de material associat en profunditat a cada posició de l'equip**. El pes en servei de la dragalina és proporcional a la capacitat de la cullera que muntin (figura 2).
- La mida de les culleres pot variar substancialment en funció de la longitud de la ploma i la densitat del material. El pes en operació per unitat de potència varia significativament entre els dos tipus de dragalines existents. Els equips sobre erugues s'utilitzen normalment quan es requereix més mobilitat, de manera que s'intenta minimitzar el seu pes i la seva mida (figura 3).

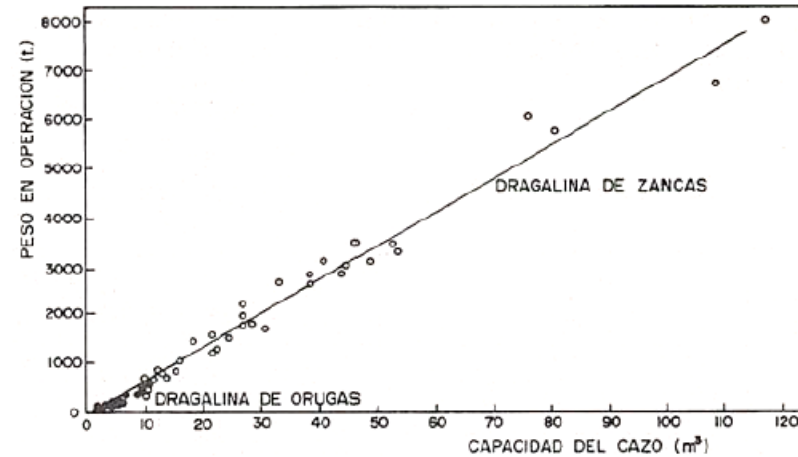


Figura 2.— Relación entre el peso en servicio y la capacidad media de los cazos.

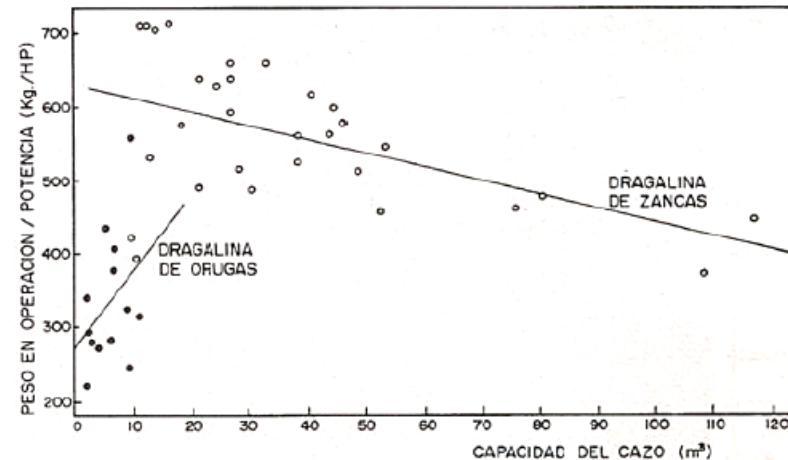


Figura 3.— Relación entre el peso en operación y capacidad del cazo.

DISSENY

- **Figures 4 i 5:** Les dades de potències corresponen als valors màxims o de pic i no als mitjans.
- Les dragalines sobre erugues poden tenir accionament dièsel o elèctric. Les dragalines de muntants van elèctriques.
- Les operacions d'elevació i arrossegament són els moviments bàsics que demanen més potència.
- Durant la fase d'excavació, mentre que la cullera està sent omplerta, només cal potència d'arrossegament.
- Durant les fases de gir i abocament, es requereix potència d'elevació i gir, amb un consum mínim de potència d'arrossegament.
- Durant el desplaçament no es necessita de cap d'aquestes potències.

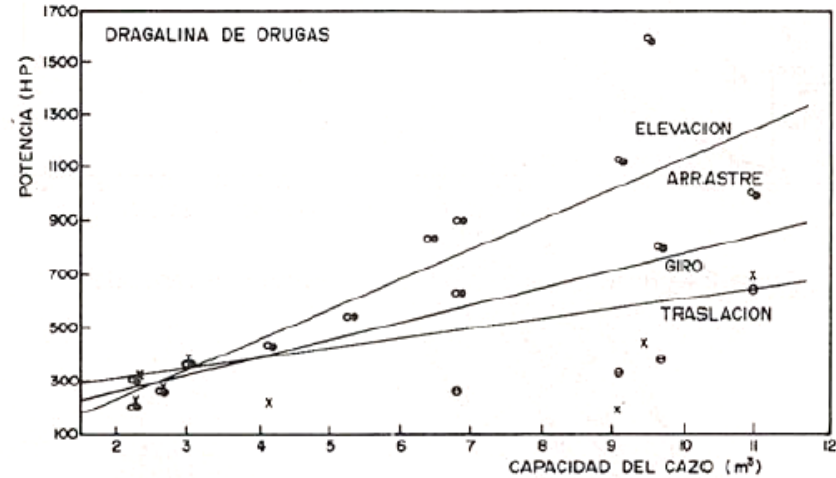


Figura 4.— Potencias máximas de los distintos accionamientos de las dragalinas sobre orugas.

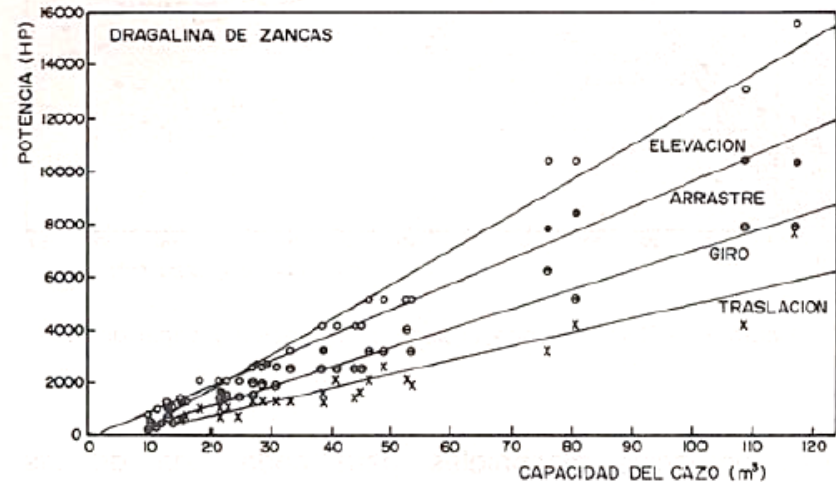


Figura 5.— Potencias de las dragalinas sobre zancas.

DISSENY

Figura 6: Les pressions específiques d'aquests equips sobre el terreny es representen els valors mitjans corresponents a les dragalines de muntants:

1. Quan treballen en el tall estant recolzades sobre el bastidor inferior o estructura de base.
2. Quan es desplacen auxiliant de les rases i recolzant-se parcialment sobre aquesta base inferior.

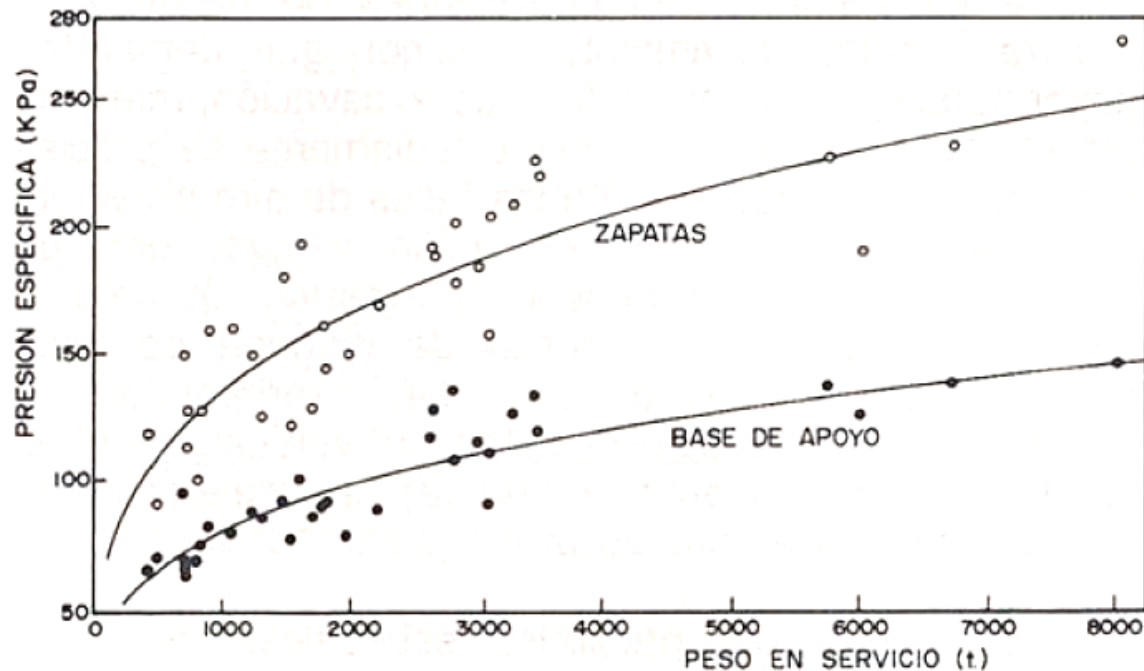


Figura 6.— Presiones específicas de las dragalinas de zancas.

DISSENY

- En treballar, estan molt a prop dels talussos del tall, de manera que les **càrregues sobre el terreny** s'han de mantenir en **valors baixos**.
- Les grandàries de les culleres són funció de les necessitats de producció i de la densitat de les roques a excavar.
- Les plomes no estan sotmeses a esforços de càrrega durant l'excavació.
- El **radi d'operació efectiu**, des del punt de vista del disseny de l'explotació, és la distància des de la vora del talús fins al punt d'abocament.
- Les dragalines de muntants són grans màquines, el manteniment s'ha de realitzar en el mateix tall, de manera que dins de la sala de màquines disposen de ponts grua i d'accessos i plataformes per dur a terme les tasques de manteniment i servei.



MECANISME DE TRASLACIÓ

El sistema d'erugues que s'empra en les màquines més petites
A les unitats de gran capacitat és d'ús comú el mecanisme de muntants

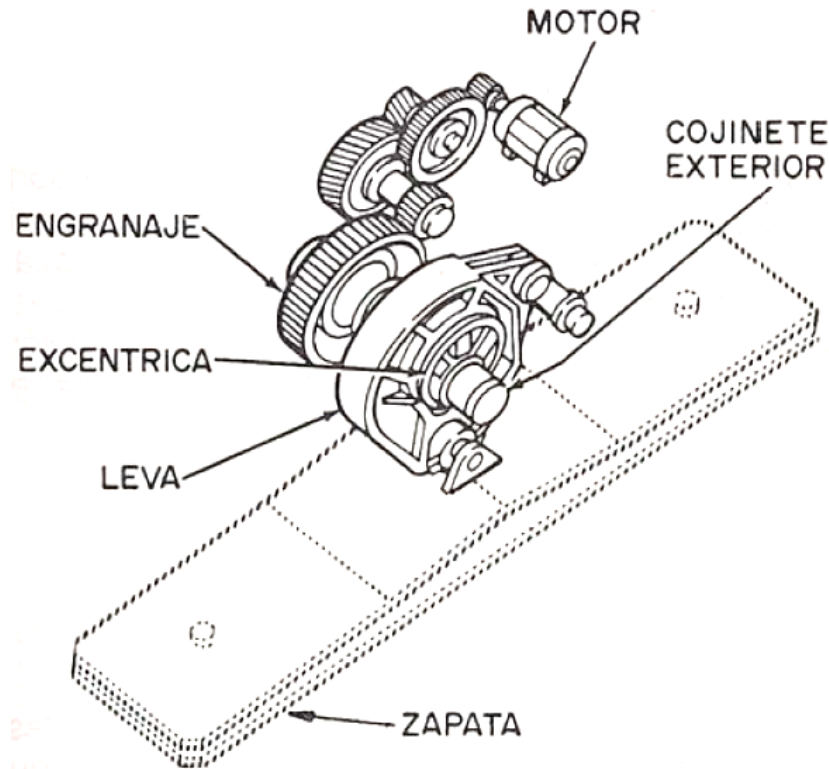


Figura 7.— Detalle de un accionamiento de una zanca.

BASE DE SUPORT

- Les dragalines d'erugues es recolzen amb el tren de rodatge directament sobre el terreny.
- Les dragalines de muntants tenen una base de suport de forma circular i construcció cilíndrica recta que transmet al terreny el pes de la màquina.



CULLERA

- Les culleres de les dragalines són totalment metàl·lics i es construeixen amb peces de fosa i soldadura. A causa dels forts impactes i desgastos que han de suportar, disposen de peces de material resistent a àrees crítica.
- Les culleres s'uneixen als cables d'elevació i arrossegament mitjançant cadenes d'acer resistents a l'abradió.
- La configuració de les culleres és d'una caixa oberta per la cara lateral enfrontada a la màquina, que serveix d'entrada del material, i també per la cara superior. En la vora d'atac del fons del pot es disposen les dents d'acer que serveixen per fer l'excavació.
- La cullera va unit a la dragalina mitjançant dos cables:
 1. El cable d'arrossegament, que va des de la cullera al cabestrant d'arrossegament que s'utilitza per aproximar a la màquina.
 2. El cable d'elevació, que serveix per pujar i baixar la cullera per la politja de l'extrem de l'extrem de la ploma i va al cabestrant d'elevació.

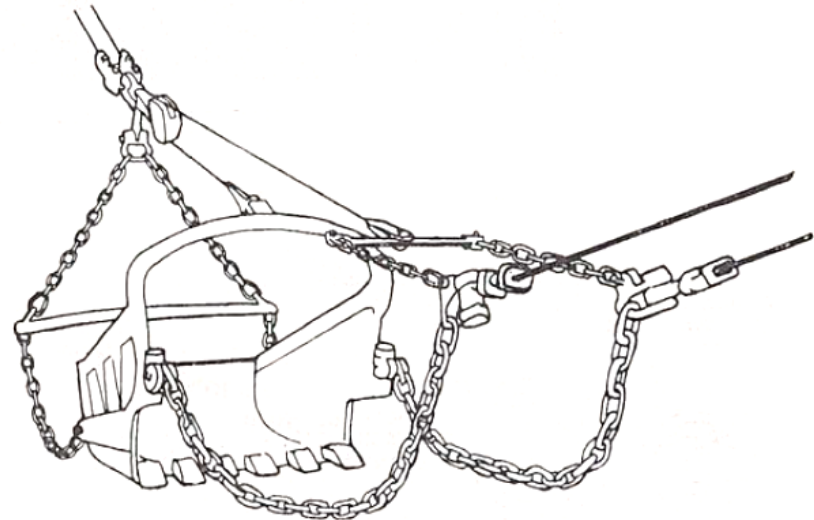


Figura 18.— Cazo típico de una dragalina.

OPERACIONS BÀSIQUES

Llançament de la cullera

1. Amb el cable d'arrossegament atansa la cullera a la màquina i alhora tira del cable d'elevació per mantenir la cullera a certa alçada.
2. Deixa anar el cable d'arrossegament, i un cop l'extrem de la cullera estigui vertical va deixant anar el cable d'elevació amb cura perquè la cullera caigui on vulguem.



OPERACIONS BÀSIQUES

Càrrega de la cullera

Un cop la cullera es al terreny, es recull el cable d'arrossegament i deixa anar el d'elevació, i es realitza l'excavació omplint la cullera a mesura que es va acostant a la màquina (ha de recòrrer entre 2-2.5 vegades l'allargada de la cullera). Això es facilita amb les dents que porta.



OPERACIONS BÀSIQUES

Elevació de la cullera

Quan està ple i pròxim a la dragalina, s'aixeca amb el cable d'elevació en combinació amb el d'arrossegament per evitar la bolcada de la cullera.



OPERACIONS BÀSIQUES

Gir de la dragalina

Es produeix el gir de la superestructura cap al lloc de descàrrega. Els angles de gir varien entre 45 i 120°.



OPERACIONS BÀSIQUES

Descàrrega de la cullera

Un cop col • locada la màquina al lloc de descàrrega, es deixa anar el cable d'arrossegament i es tira del d'elevació, de manera que la cullera cau i es dipositen els materials.

Gir de la dragalina

Després de la descàrrega, la màquina gira sobre la corona dentada per repetir el cicle.



OPERACIONS BÀSIQUES

Generalment la durada d'un cicle és aprox. 60 s.

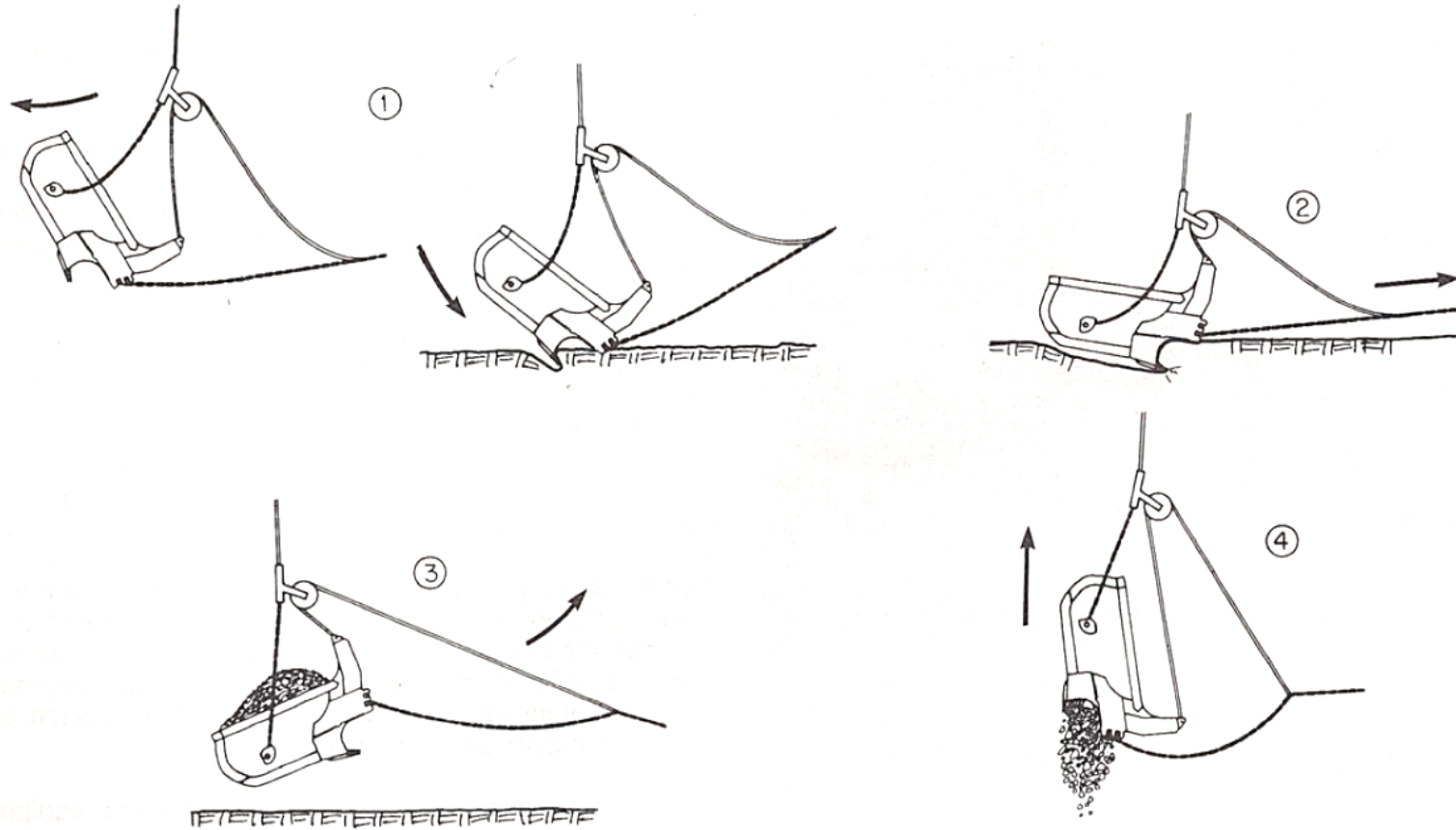


Figura 19.— Fases del ciclo de trabajo.

OPERACIONS BÀSIQUES

Obertura del buit inicial – “box-cut”

Consisteix en un buit en forma de gran trinxera amb dimensions suficients per allotjar els estèrils del mòdul adjacent.

L'obertura del buit inicial se sol dur a terme col·locant els estèrils al costat d'aquest, estant la dragalina alienada amb l'eix de l'excavació.

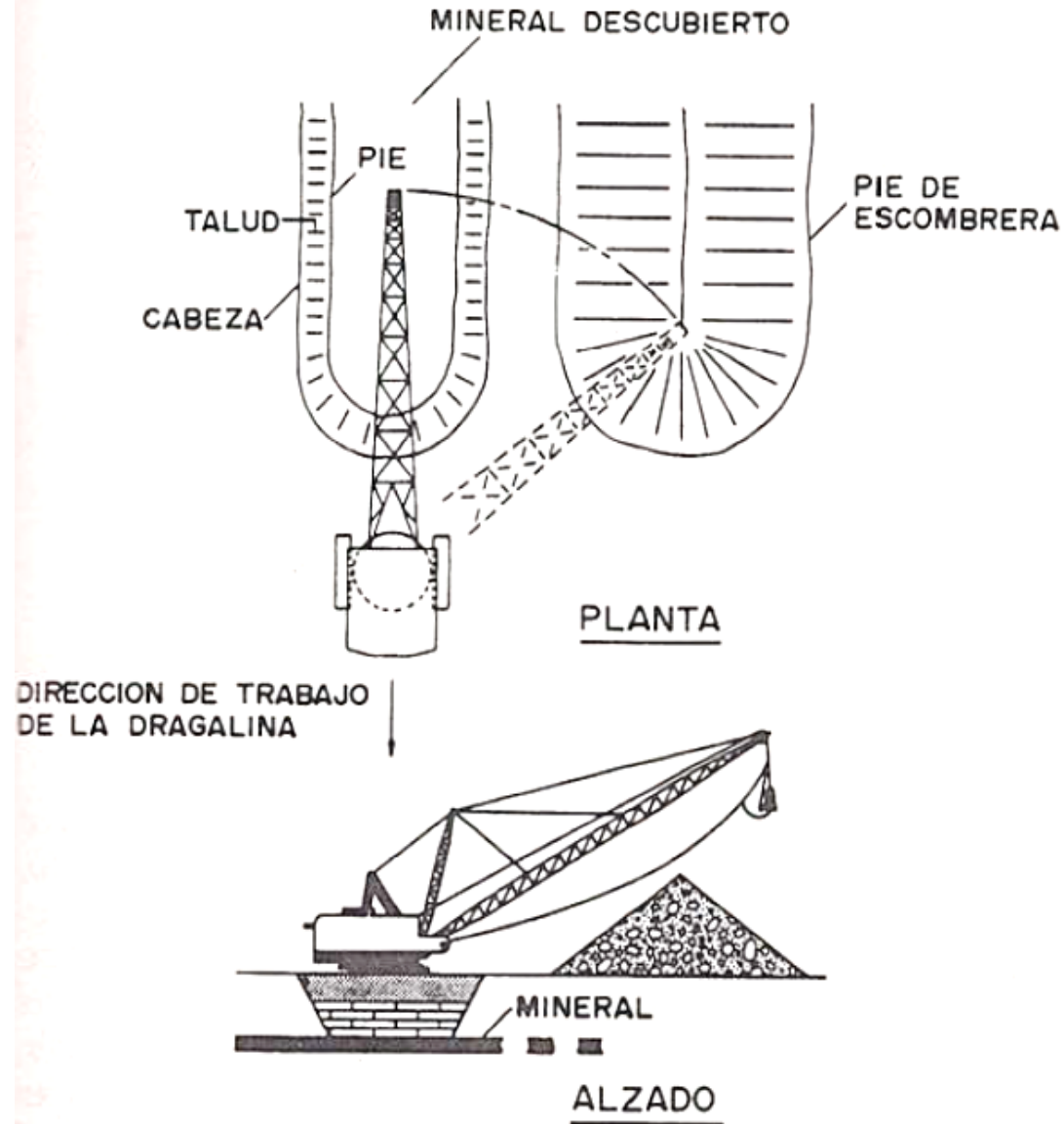


Figura 21.— Apertura del hueco inicial.

OPERACIONS BÀSIQUES

Obertura del buit inicial – “box-cut”

També es pot fer a un costat una excavació auxiliar paral·lela, i treballar a partir d'aquí.

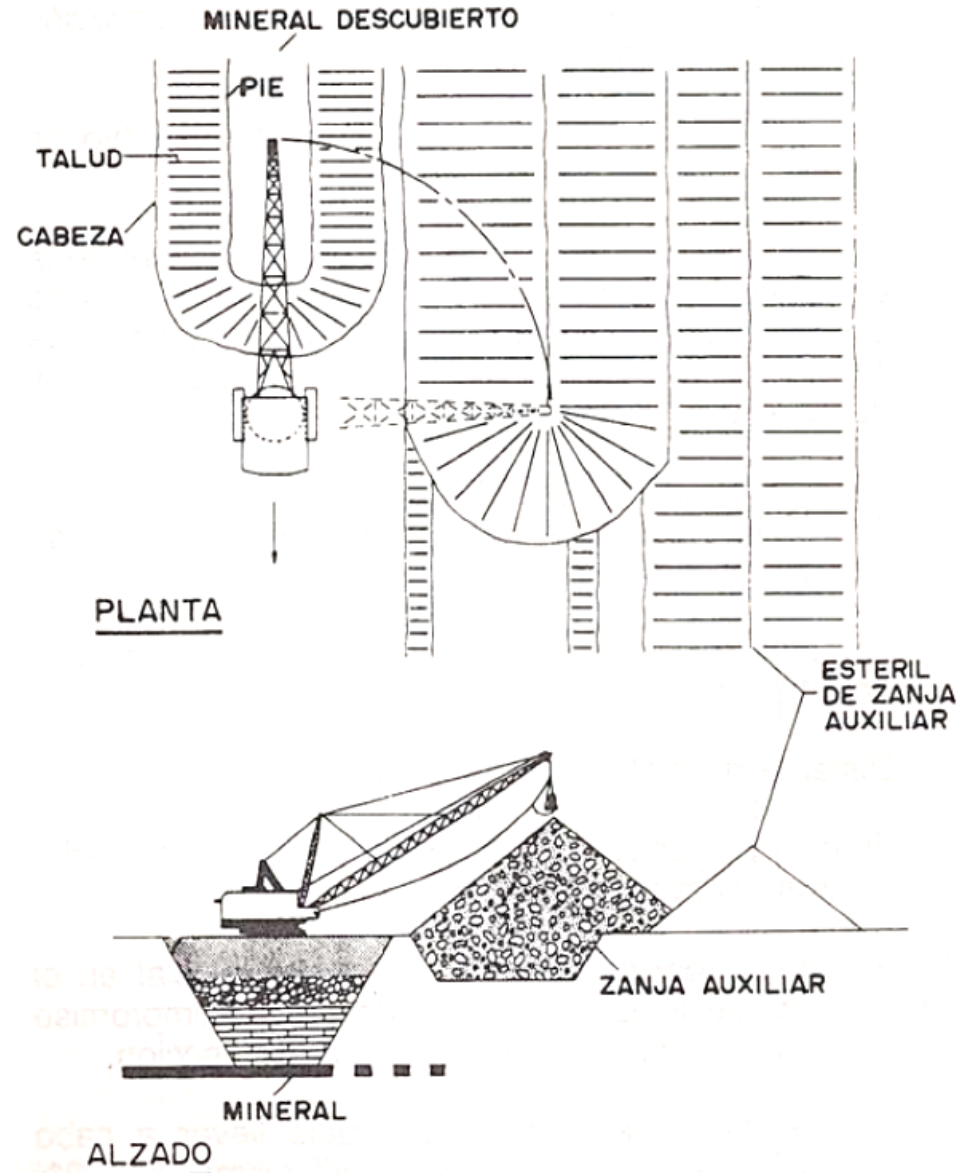


Figura 22.— Apertura del hueco inicial con zanja. auxiliar.

OPERACIONS BÀSIQUES

Obertura del buit inicial – “box-cut”

Es realitzarà la excavació atenent els criteris:

- Localitzat en zones de reduït recobriment de estèril
- Orientat per suprimir efectes desfavorables de la geologia i estructura del massís rocós: plans d'estratificació, plans de discontinuïtats, etc.
- Allunyat de la infraestructura de serveis públics: línies elèctriques, carreteres, etc.
- No pròxim a la xarxa de drenatge principal: rius, rierols, canals, etc.
- Distant d'estructures o edificis.
- Fora d'àrees minades antigament o altres excavacions a cel obert.

Un cop col·locada la màquina al lloc de descàrrega, es deixa anar el cable d'arrossegament i es tira del d'elevació, de manera que la cullera cau i es dipositen els materials.



OPERACIONS BÀSIQUES

FASE EXPLOTACIÓ

Mètode convencional

En iniciar l'excavació d'un nou mòdul s'ha de fer un primer tall tenint del mòdul veí explotats, es denomina “tall clau”

Amb els estèrils d'aquesta primera operació es construeix un primer monticle, el peu més proper arribant a tocar el mineral, i que servirà després de base de suport a la resta del material.

D'aquesta manera es garanteix la possibilitat de descobrir i recuperar tot el mineral existent sota el estèril de recobriment.

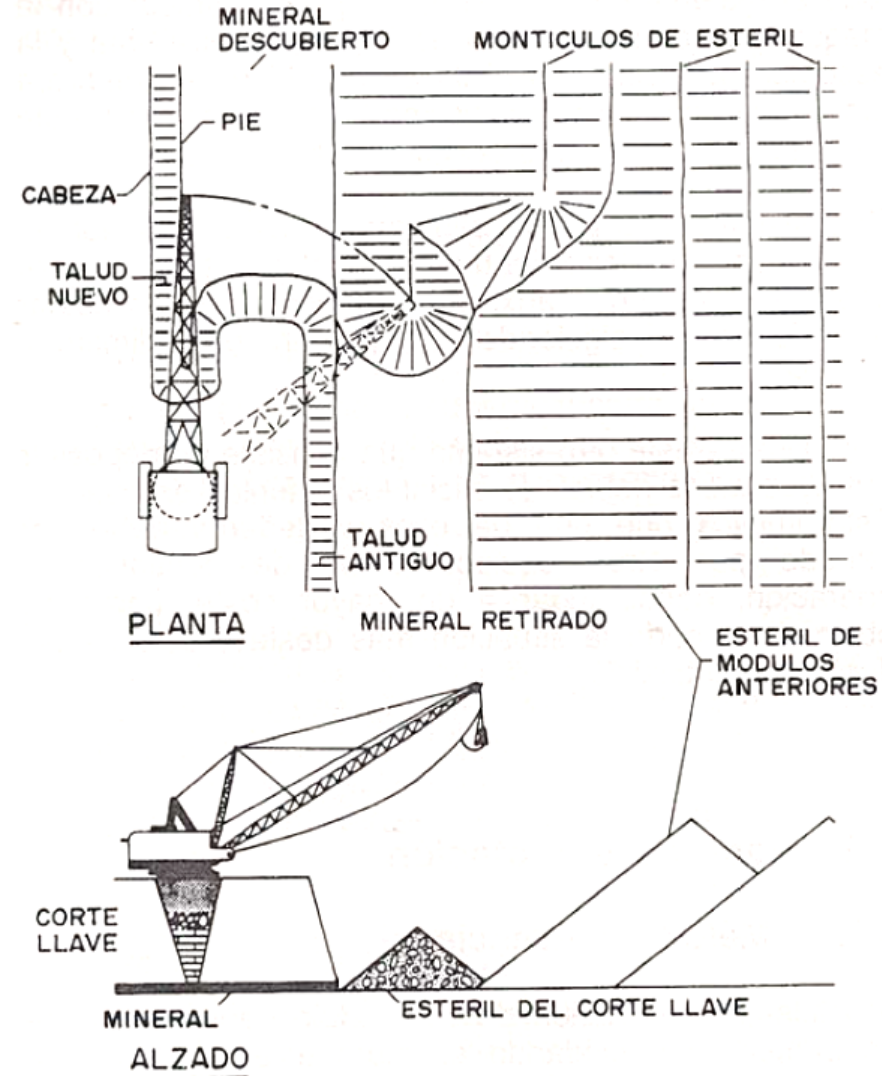


Figura 23.— Excavación del corte llave.



OPERACIONS BÀSIQUES

FASE EXPLOTACIÓ

Mètode de banqueig d'avancç

S'utilitza quan es precisa:

Un nivell d'operació més baix que el de la superfície original, o l'horitzó superior està constituït per un material poc consolidat i de reduïda capacitat portant o fins i tot una topografia irregular.

El material procedent del banc es diposita recolzat al talús d'estèril del bloc principal.

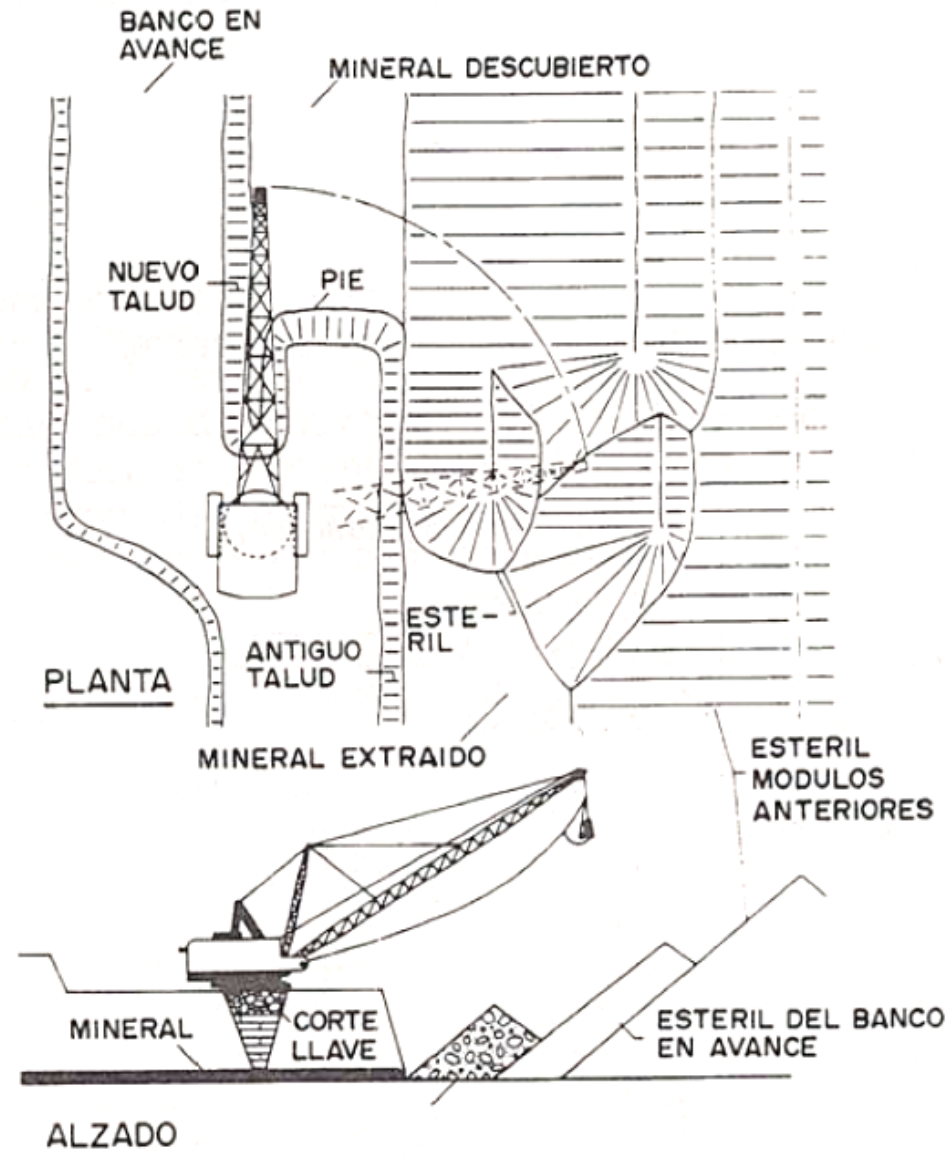


Figura 24.— Método de explotación con banqueo en avance.

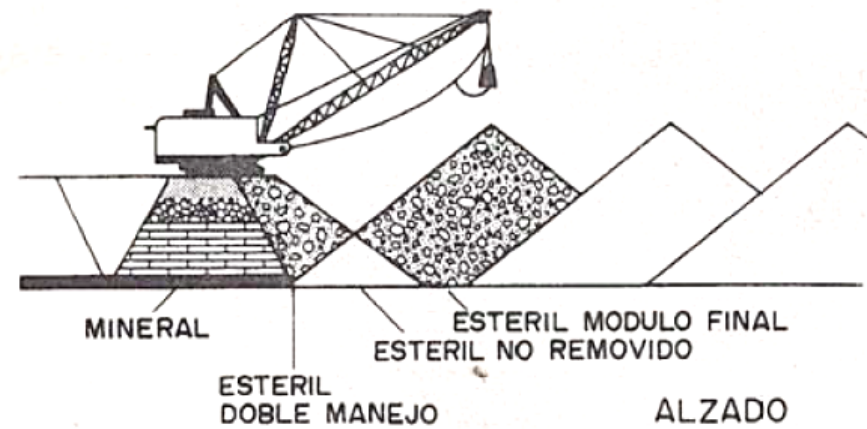
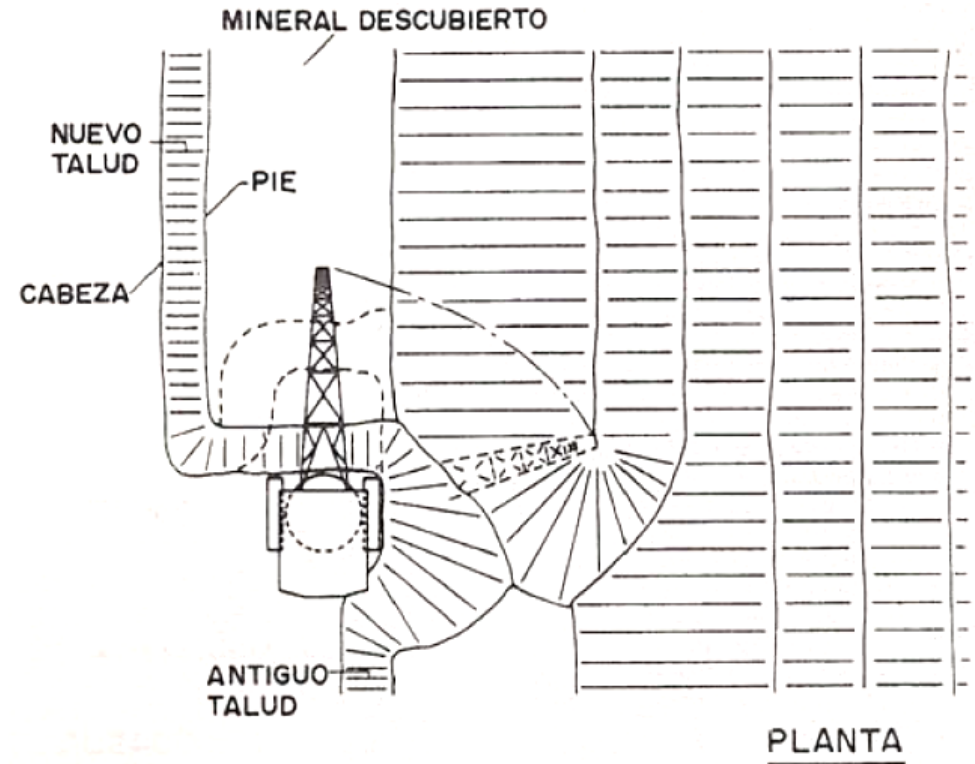
OPERACIONS BÀSIQUES

FASE EXPLOTACIÓ

Mètode del banc estès

S'usa quan es produeix un increment de la potència del recobriment o un canvi eventual del terreny.

Consisteix en la creació d'una plataforma de treball provisional amb el estèrils procedents del tall principal. L'inconvenient d'aquest sistema és que es treballa dues vegades amb el estèril, la qual cosa incrementa el cost de l'excavació.



OPERACIONES BÁSICAS

FASE EXPLOTACIÓ

Mètode d'arrossegament cap enrere

La màquina va dipositant el estèril com en el mètode convencional però, en no tenir l'abast suficient, el material reposa cobrint parcialment al mineral, per la qual cosa necessita doble maneig. Per realitza aquest mètode s'ha degut condicionar prèviament runam, creant una plataforma horitzontal.

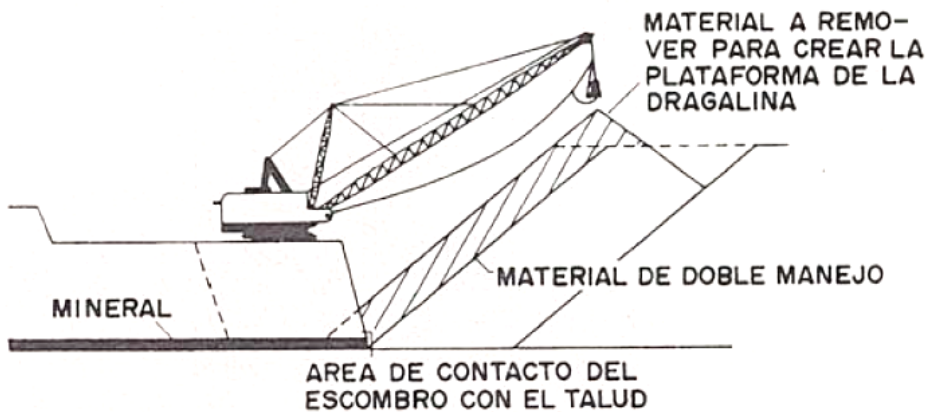


Figura 26.— Material de doble manipulación en el método de excavación de arrastre hacia atrás.

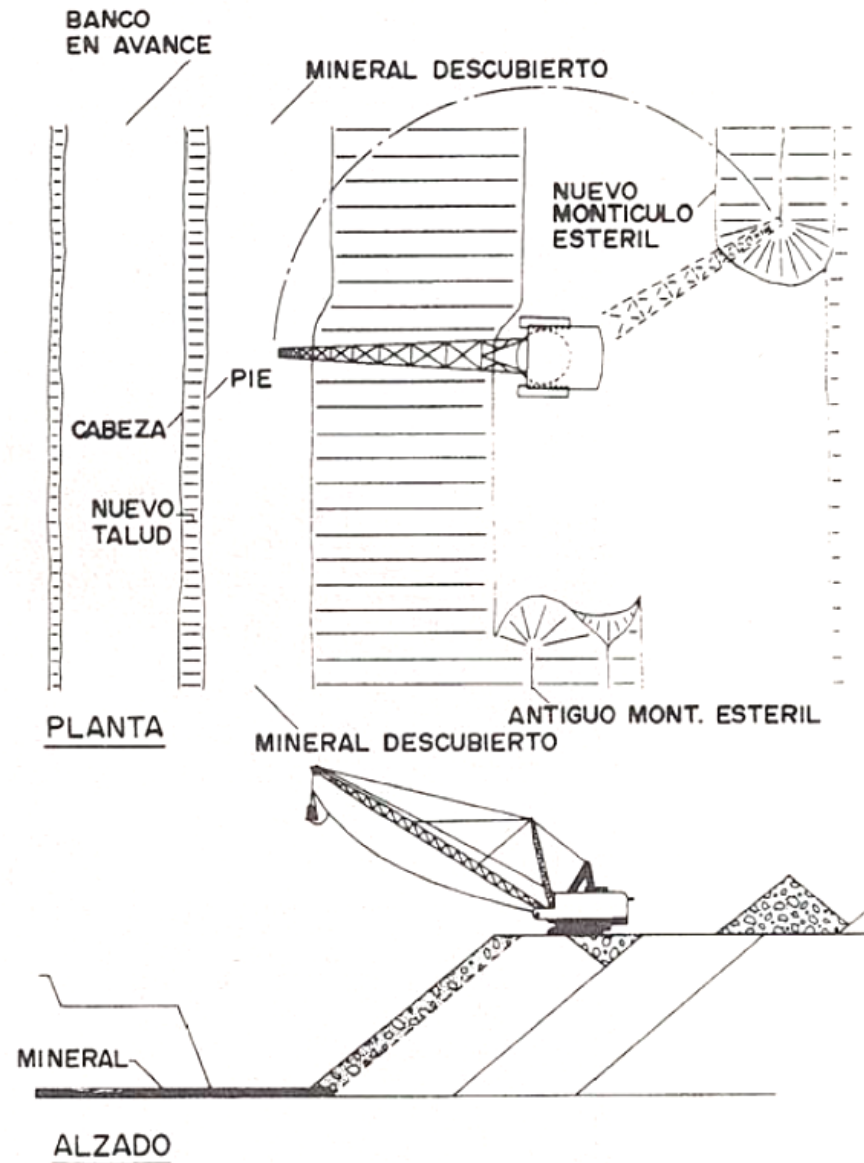


Figura 27.— Movimiento de la explotación en el que la dragalina se encuentra situada sobre la escombrera.

OPERACIONS BÀSIQUES

FASE EXPLOTACIÓ

Abancament estès intermedi amb ocupació de dos dragalines

Combinació del mètode convencional i del banc estès.

Una dragalina col·locada a la superfície excava el banc superior de recobriment dipositant el estèril en el fons del buit anterior.

Aquests estèrils constituïran el nivell de treball de la segona dragalina

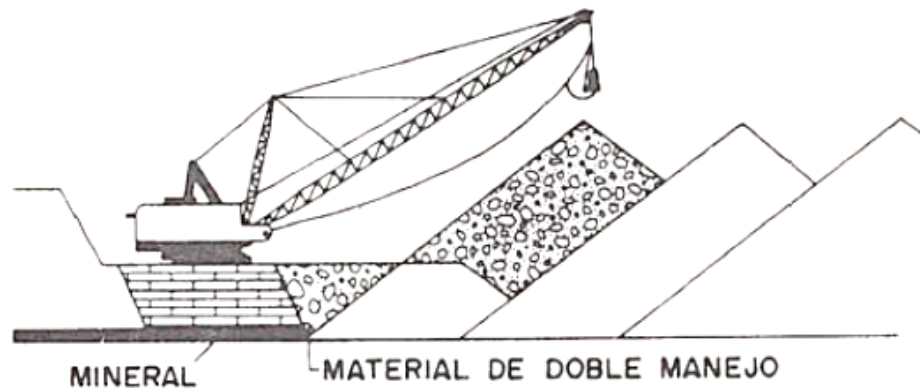


Figura 28.— Metodo de explotacion con dos dragalinas trabajando en diferentes niveles.



OPERACIONS BÀSIQUES

FASE EXPLOTACIÓ

Mètode de terrasses

Aquest mètode és una extensió del mètode anterior, quan els gruixos de recobriment són majors i en què s'utilitzen tres o més dragalines.

Les tres dragalines operen amb un desfasament dins de l'explotació.

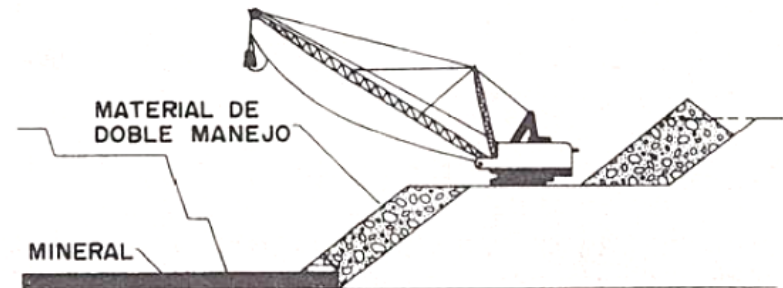
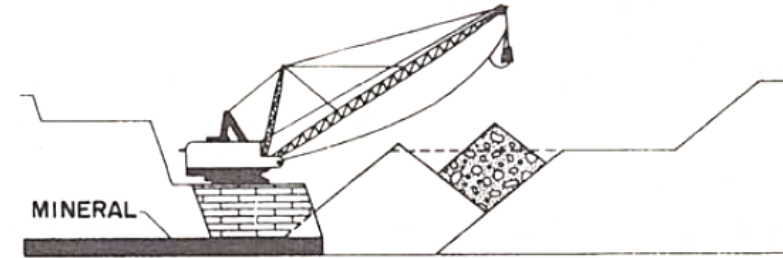
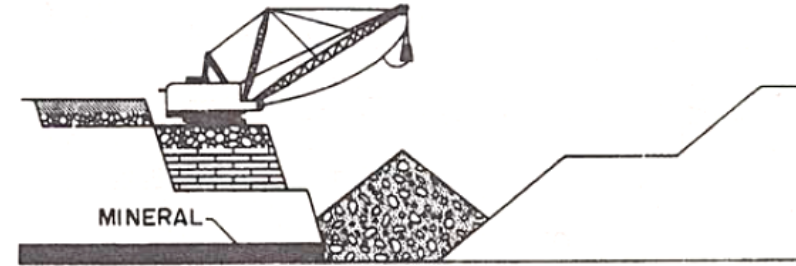


Figura 29.— Método de explotación por terrazas utilizando tres dragalinas.

OPERACIONS BÀSIQUES

FASE EXPLOTACIÓ

Mètodes en jaciments multicapa

Mètodes aplicats actualment a l'aprofitament de jaciments amb diversos nivells mineralitzats.

La planificació d'aquestes explotacions és més complexa que quan només hi ha una capa.

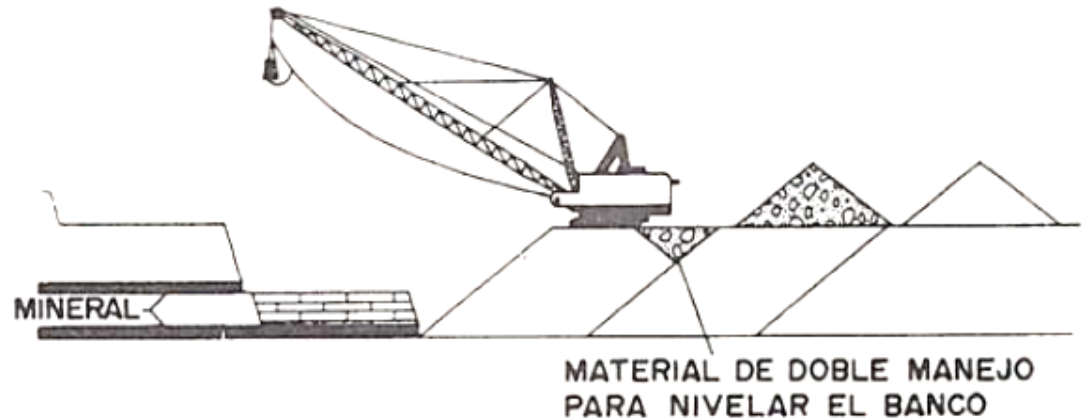
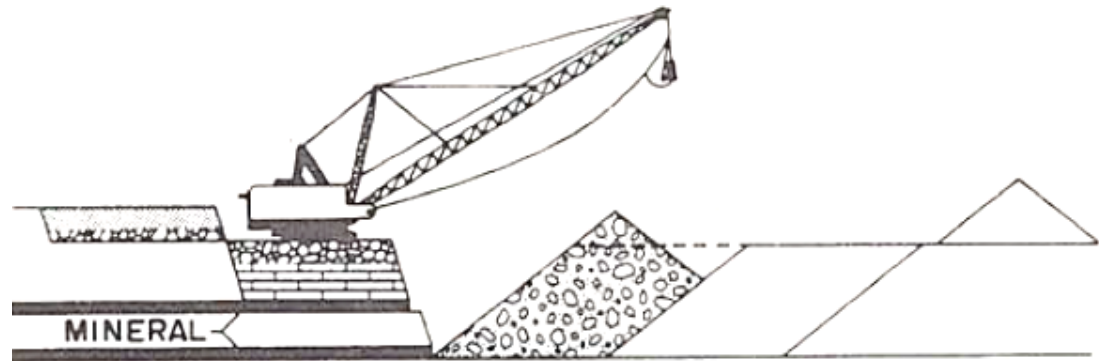


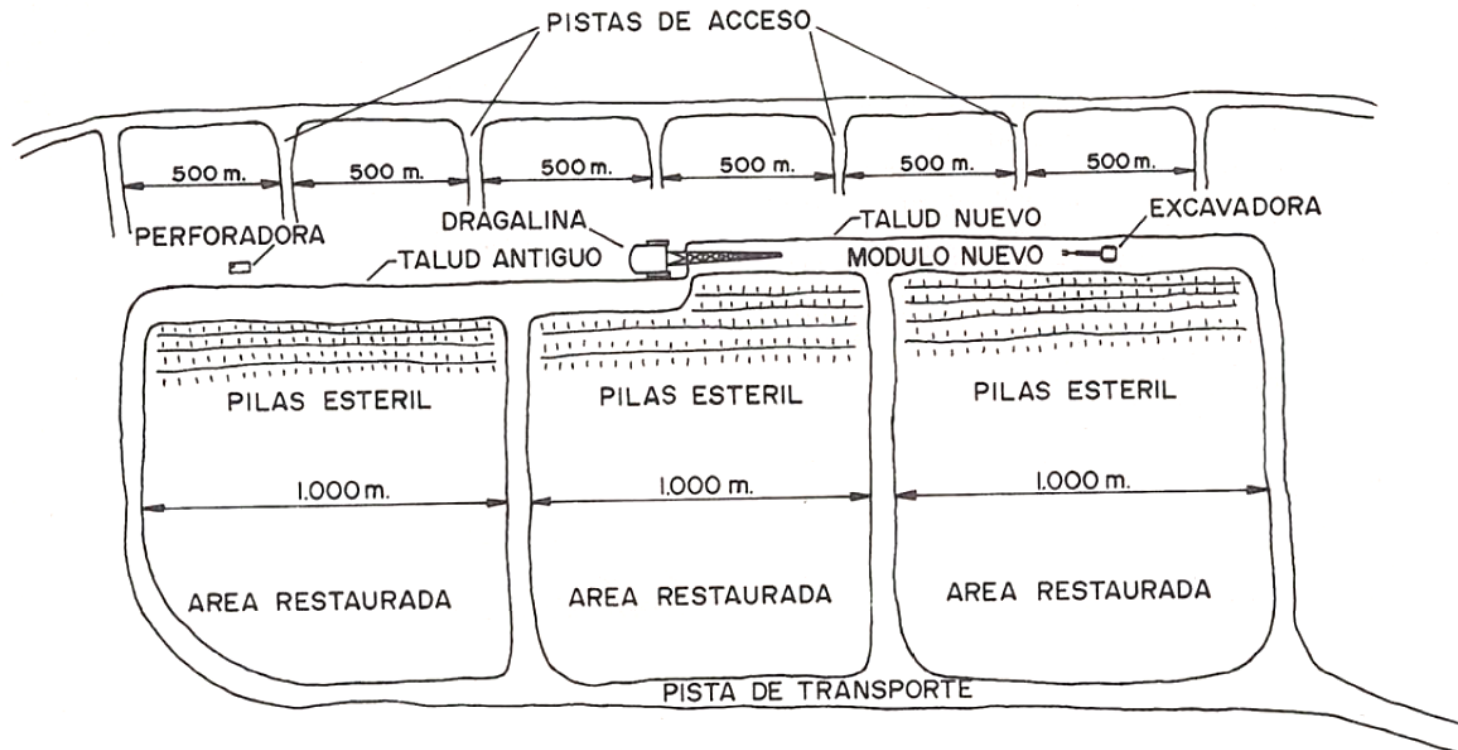
Figura 30.— Método de explotación con dragalinas en un yacimiento de dos capas.

OPERACIONS BÀSIQUES

FASE EXPLOTACIÓ

Accessos a l'explotació

Per donar sortida al material extret per les dragalines es creen pistes a través del runam. Es fa, generalment, en forma de "T". També cal adequar accessos per donar servei a la dragalina. Aquestes seran més reduïdes perquè és per a vehicles més petits.



APLICACIONES

Les aplicacions més comuns de les dragalines:

- Explotacions de carbó.
- En menor mesura en explotacions de fosfats pel mètode de descoberta.
- També se les troba en les explotacions de graves en les terrasses dels rius. Atès que poden treballar dins l'aigua.



AVANTATGES

- Com excaven per sota del nivell, s'elimina el cost d'extracció vertical associat amb el transport amb bolquets o altres sistemes.
- A causa de la seva capacitat per girar i descarregar a distàncies apreciables, es prescindeix en molts casos d'unitats de transport.
- Tenen capacitat per excavar i transportar materials amb un alt percentatge de blocs.
- No importen les condicions ambientals adverses perquè treballen en estàtic.



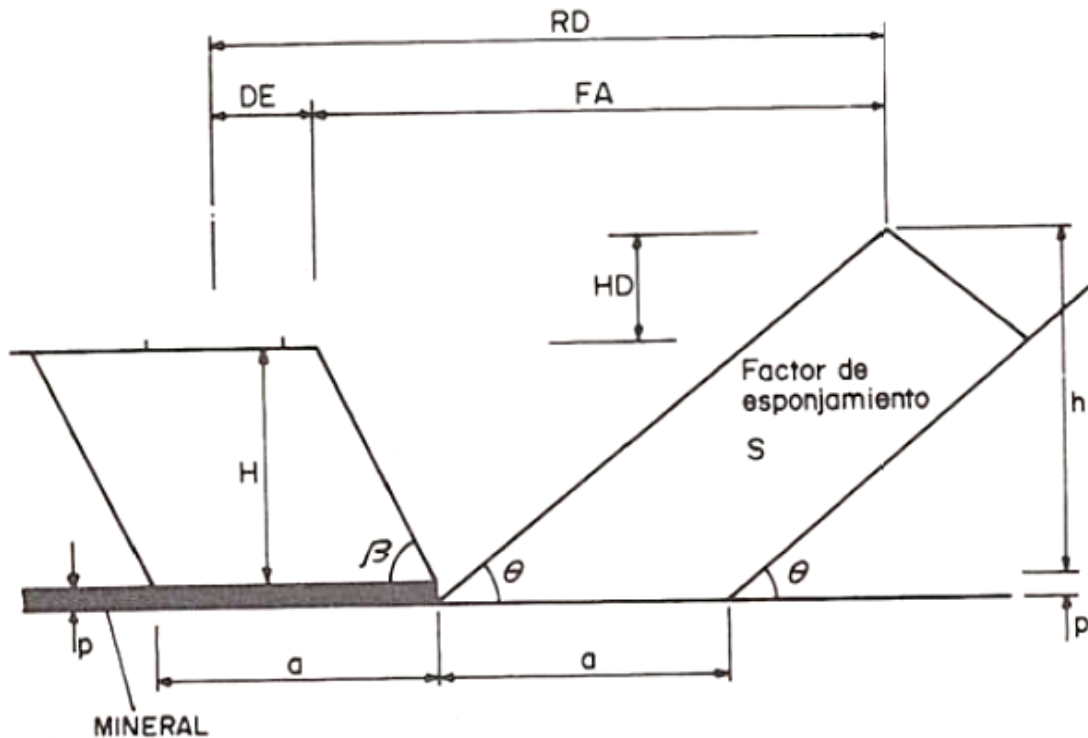
SELECCIÓ

Per seleccionar un tipus de dragalina o un altre se segueixen els següents criteris:

- Abast de l'equip.
- Profunditat d'excavació.
- Alçada de l'abocament.
- Capacitat de la cullera.



SELECCIÓ



- H = Espesor del recubrimiento de estéril (m).
- p = Potencia del mineral (m).
- β = Angulo con la horizontal del talud del banco de estéril ($^{\circ}$).
- θ = Angulo del talud del escombros ($^{\circ}$).
- h = Altura de la escombrera sobre el techo del mineral (m).
- a = Anchura de corte o módulo de avance de la explotación.
- RD = Radio de vertido de la dragalina (m).
- HD = Altura de vertido de la dragalina (m).
- DE = Distancia del eje de rotación de la dragalina al borde de su banco de apoyo (m).
- S = Factor de esponjamiento del estéril (Expresado como una fracción decimal).

Figura 32.— Sección transversal de una explotación con dragalina.

SELECCIÓ

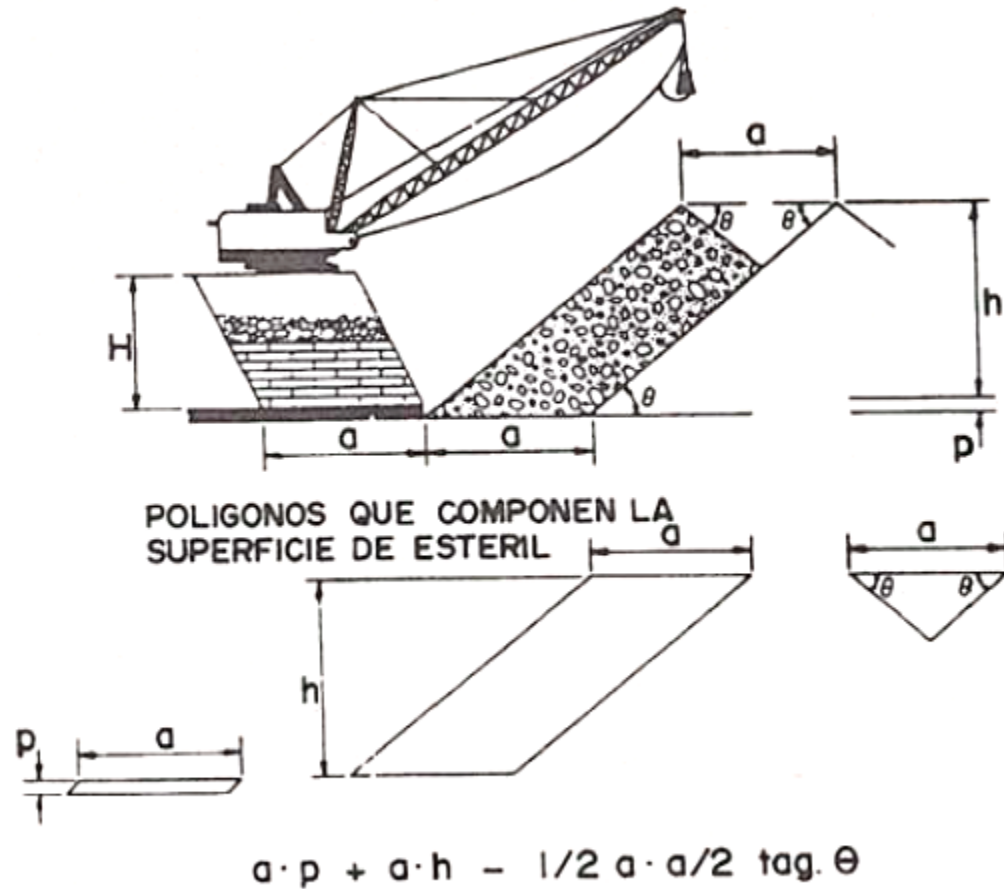


Figura 33.— Cálculo del área transversal de los escombros.

SELECCIÓ

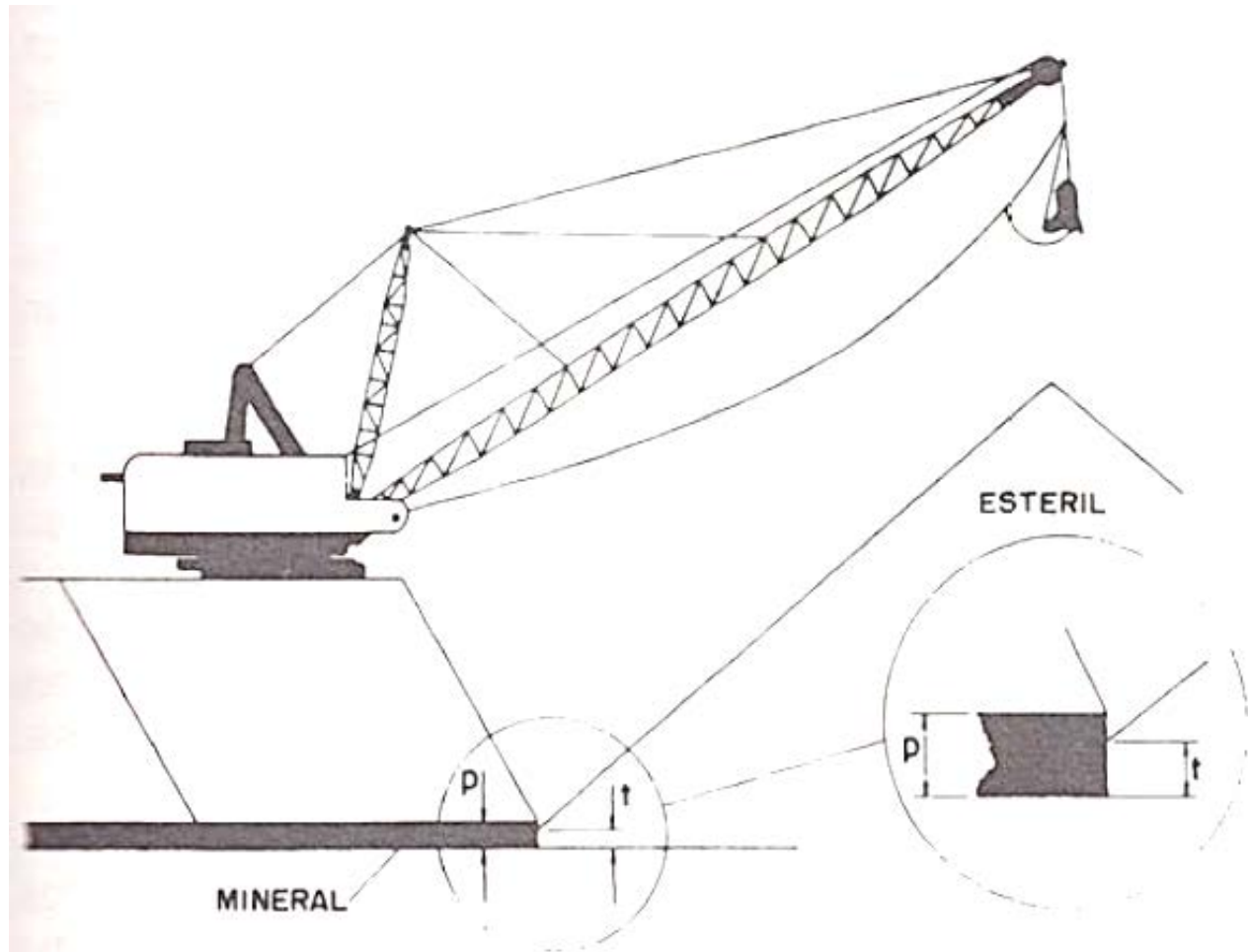


Figura 34.— Altura de contacte de los estériles con el frente lateral del mineral.

SELECCIÓ

Ejemplo

Como aplicación de las fórmulas anteriores, considérese el siguiente caso de un yacimiento horizontal:

$$p = 1,5 \text{ m}$$

$$t = 0.$$

$$a = 36 \text{ m.}$$

$$H = 27 \text{ m.}$$

$$\beta = 72^\circ.$$

$$\theta = 38^\circ.$$

$$S = 25\%.$$

El factor de alcance de la dragalina será:

$$\begin{aligned} FA &= \frac{H(1+S)}{\tan \theta} + \frac{a}{4} + \frac{H}{\tan \beta} - \frac{t}{\tan \theta} = \\ &= \frac{27(1+0,25)}{\tan 38^\circ} + \frac{36}{4} + \frac{27}{\tan 72^\circ} = 60,97 = 61 \text{ m.} \end{aligned}$$

La altura de la escombrera se determina con la ecuación:

$$\begin{aligned} h &= \frac{FA - H \cdot \cotag \beta}{\cotag \theta} - p = \frac{61 - 27 \cdot \cotag 72^\circ}{\cotag 38^\circ} = \\ &= 40,8 = 41 \text{ m.} \end{aligned}$$

Por tanto, la altura de vertido será:

$$HD = h - H = 41 - 27 = 14 \text{ m.}$$

Después de determinar las dimensiones geométricas, otro parámetro de selección igualmente importante es el tamaño del cazo. Este se calculará a partir de la producción necesaria, teniendo en cuenta las variables que intervienen:

- Tiempo de ciclo de la dragalina (55 a 70 s).
- Factor de esponjamiento del material (20% a 50%).
- Factor de llenado (80% a 95%).
- Tiempo de operación total (depende de la organización).
- Coeficiente de disponibilidad (80 a 90%) y de utilización de la máquina (90%).

Para una estimación inicial pueden utilizarse los valores aproximados de producciones específicas de las dragalinas de la Tabla I para unas condiciones medias de trabajo.



SELECCIÓ

TABLA I

	PRODUCCION ESPECIFICA ANUAL (m ³ /m ³ de capacidad de cazo)
- Descubierta convencional	195.000
- Descubierta con banco extendido	183.000
- Descubierta con doble manejo del escombro	164.000



TENDÈNCIES

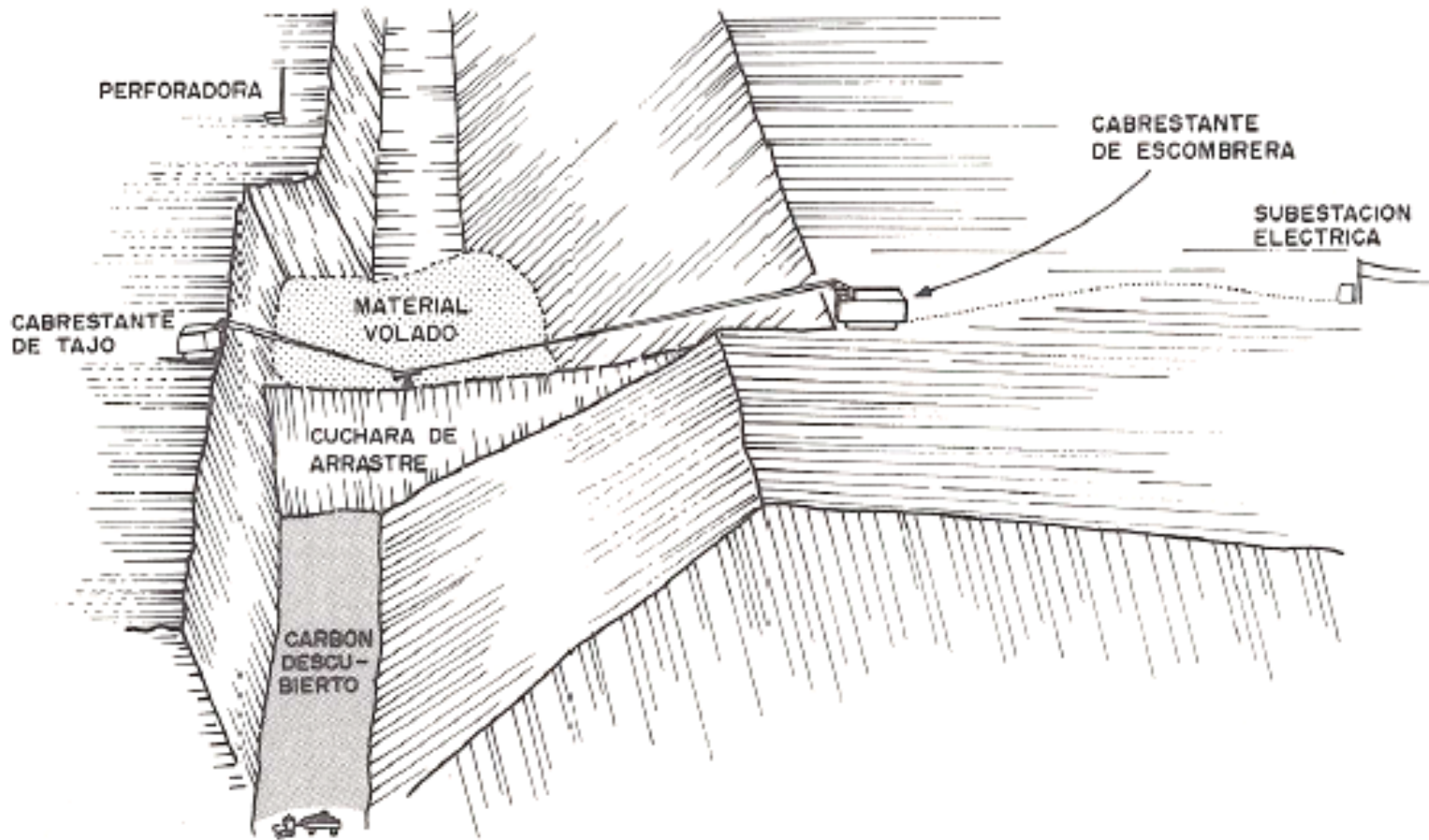


Figura 37.— Método de explotación con cuchara de arrastre.

TENDÈNCIES

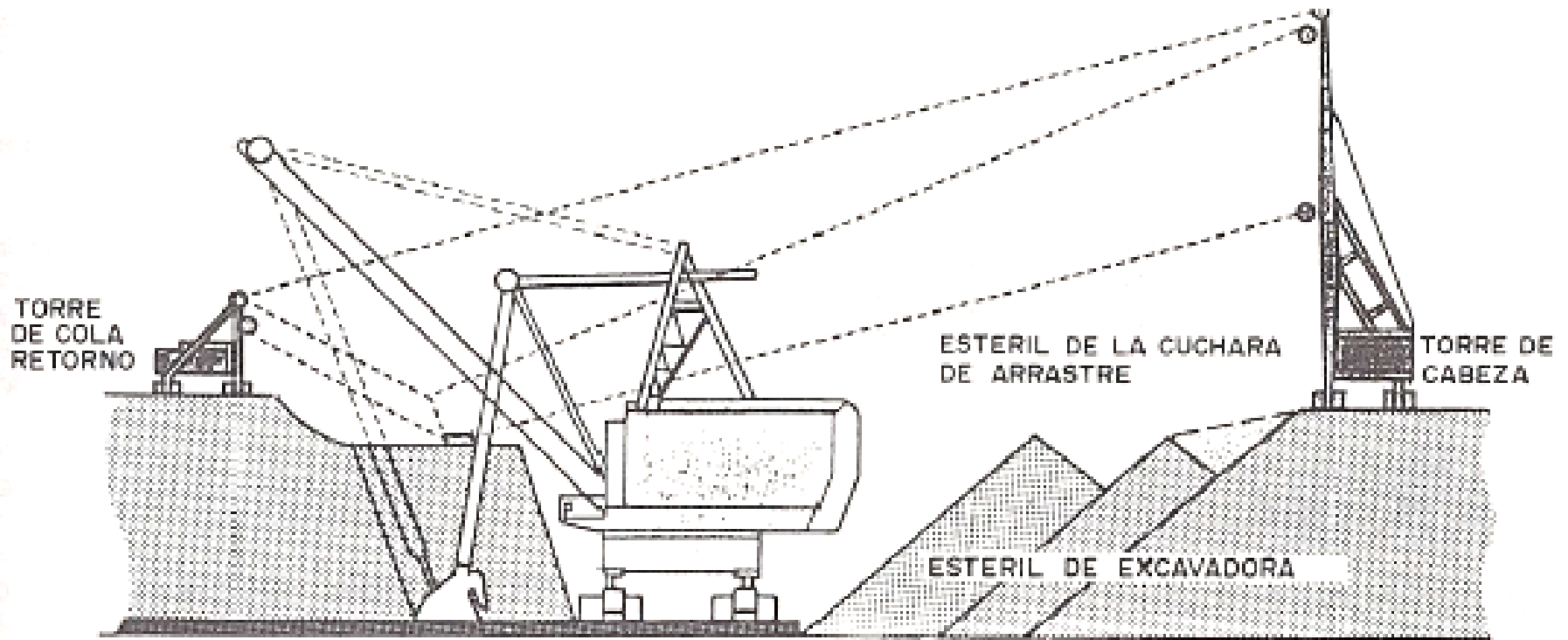


Figura 39.— Aplicación de una cuchara de arrastre con dos torres.

TENDÈNCIES

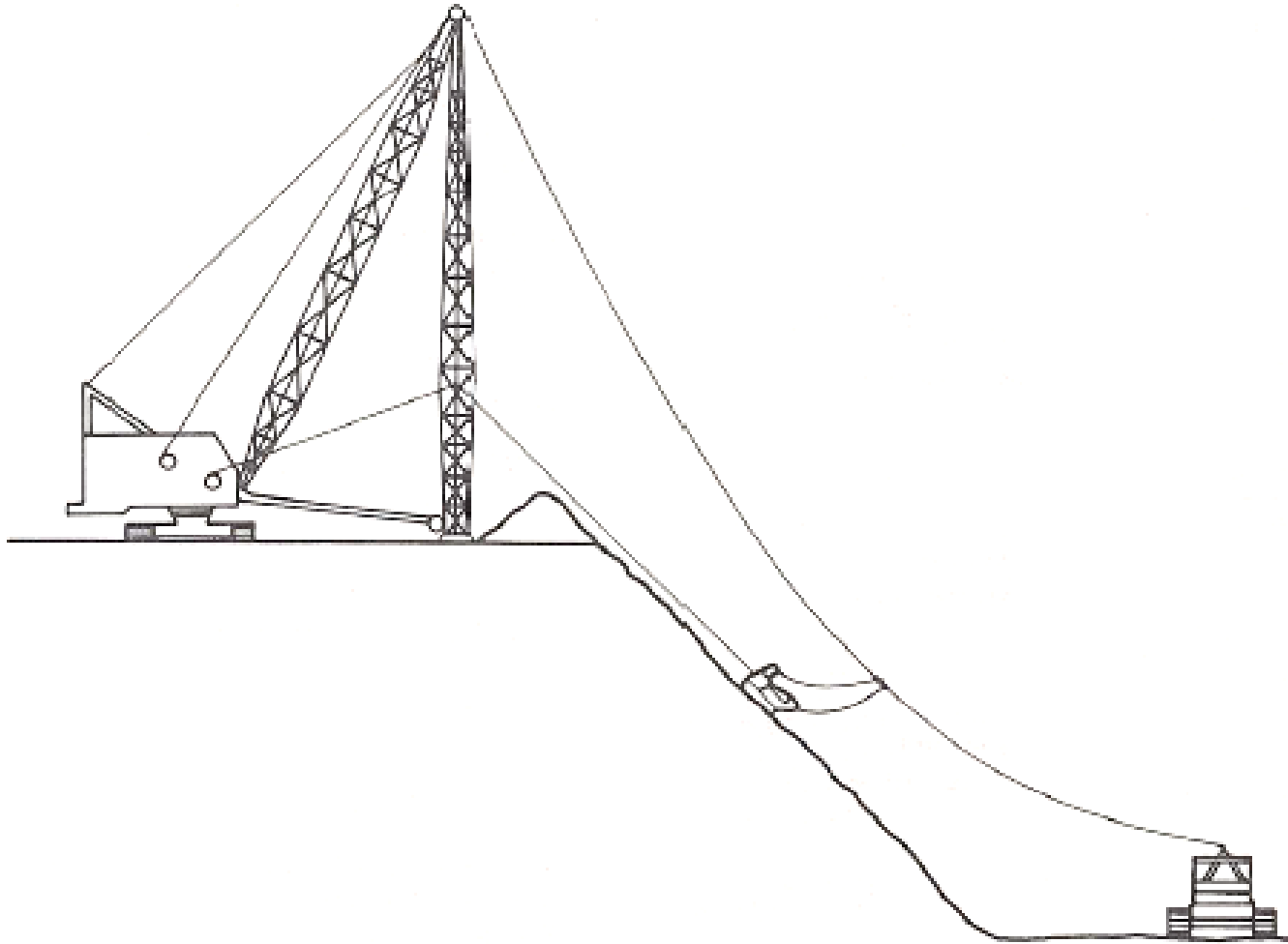


Figura 40.— Dragalina modificada treballant amb un tractor que actua de cabrestant.

TENDÈNCIES

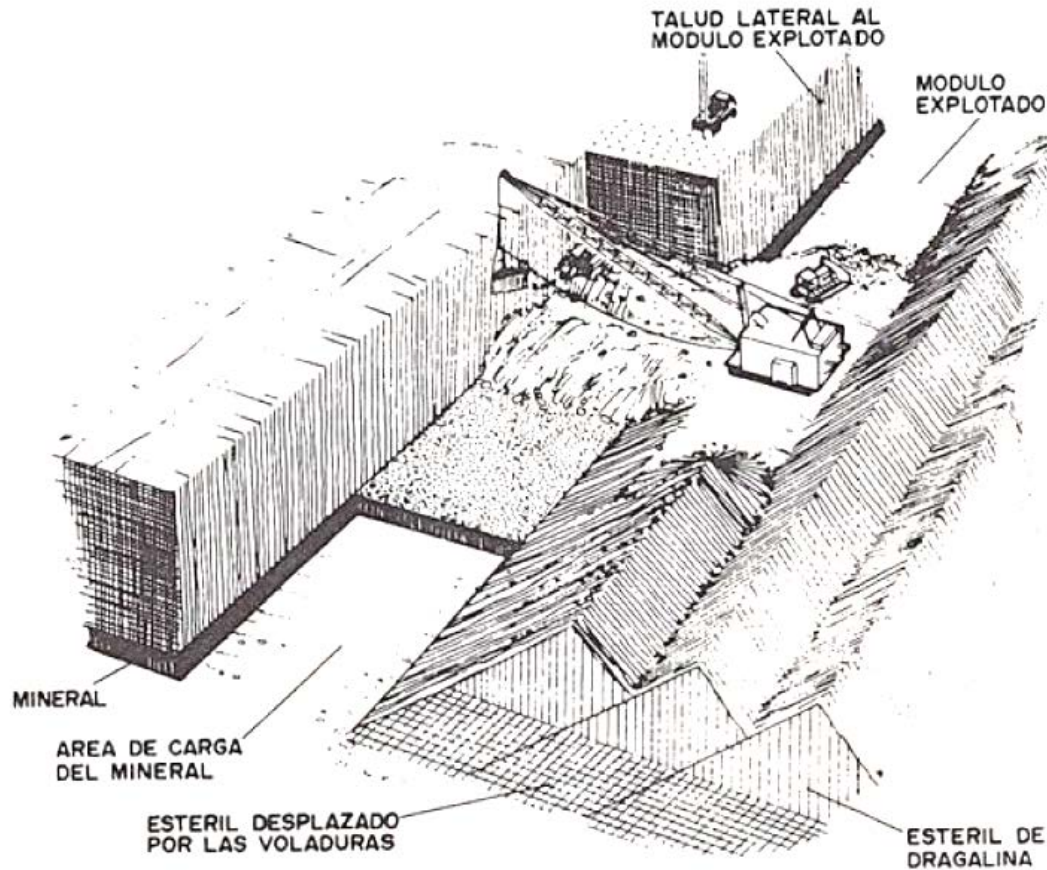


Figura 41.— Descubierta realizada con la utilización conjunta de dragalina y voladuras de máximo desplazamiento.

TENDÈNCIES

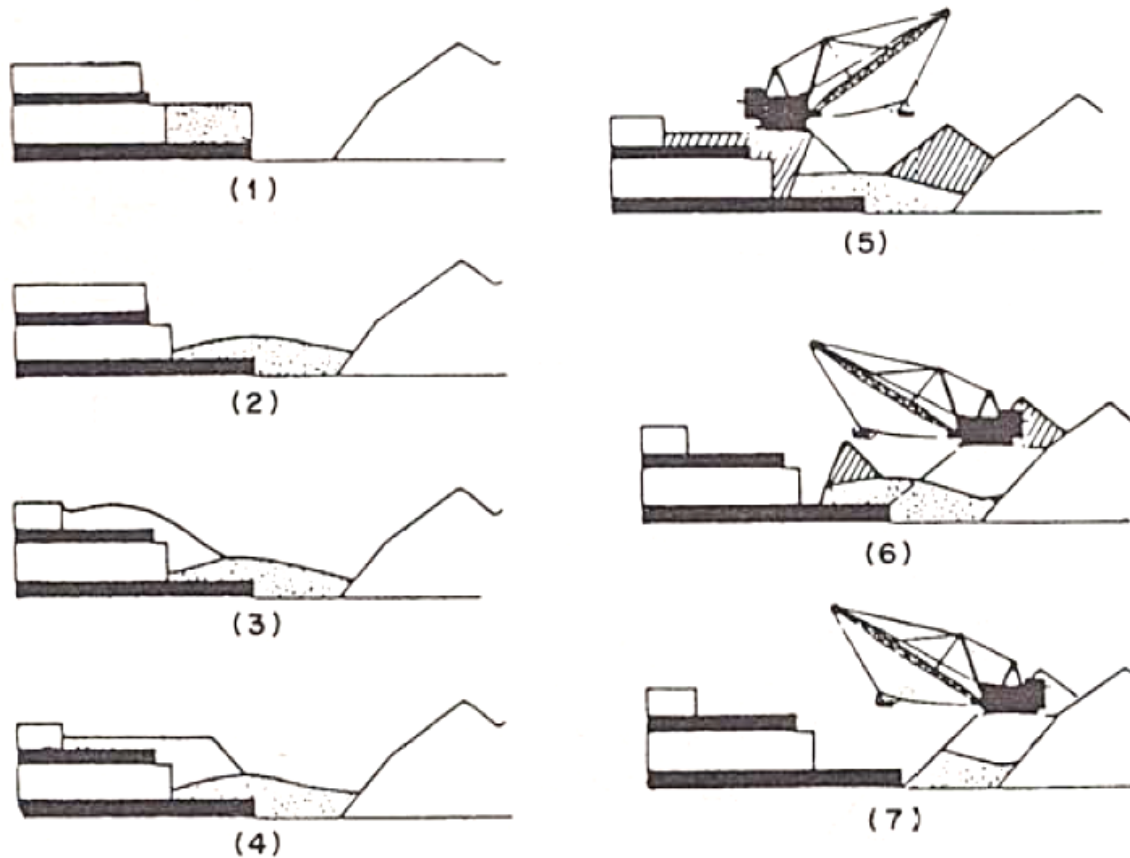


Figura 42.— Explotación multicapa donde se aplican las voladuras para desplazar parcialmente el estéril a los huecos creados.

PALA CARREGADORA - WHEEL LOADERS



ERUGUES CARREGADORA – TRACK LOADERS



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional

INTRODUCCIÓ

- 1939: va aparèixer la primera pala carregadora a US.
- Millores:
 - Col·locació del motor en posició posterior.
 - Braços suports de la cullera a banda i banda del equip.
 - Accionament hidràulic de la cullera i tracció a les quatre rodes (1940).
 - Servotransmissió (1950).
 - Disseny articulat (1960).
- S'utilitzen en:
 - en obres públiques
 - en mineria a cel obert.
- 1970: fins a 125 tones, capaços de carregar bolquets de fins a 154 tones.
- 1980: aturada al creixement per dues causes:
 - Manca de creixement dels bolquets.
 - Forta penetració en el mercat de les excavadores hidràuliques.



TIPUS D'UNITATS

Les pales estan capacitades per efectuar les següents operacions:

- Càrrega de bolquets, vagons o tremuges.
- Càrrega i transport, eliminat en curtes distàncies l'ús de bolquets:
 - Des del front de voladura fins a la matxucadora mòbil.
 - Des del estoc de material fins a la planta de tractament.
- Com màquina auxiliar:
 - Neteja de talls abans de la voladura.
 - Preparació de rampes.
 - Obertura de talls abans d'electrificar.
 - Manipulació de pedres grans.
 - Construcció i neteja de pistes de transport.
- Com màquina d'empenta, substituint als tractors:
 - Neteja dels talls de càrrega després d'efectuar la voladura i realitzant la càrrega combinada amb l'excavadora.
 - Estesa de runams.



TIPUS D'UNITATS

Hi ha dos tipus d'unitats, que es diferencien en el tren de rodatge:

- Màquines sobre erugues.
- Màquines sobre rodes (molt més utilitzades en mineria).



TIPUS D'UNITATS

- D'acord amb la capacitat de la cullera s'estableixen tres categories de pales carregadores:
 - I - Petites. Amb capacitat $< 4 \text{ m}^3$
 - II - Mitjanes. Amb capacitat entre 4 i 8 m^3
 - III - Grans. Amb capacitat $> 8 \text{ m}^3$

CATEGORIA	CAPACIDAD (m^3)
I - Pequeñas	< 4
II - Medianas	4 - 8
III - Grandes	> 8



CARACTERÍSTIQUES GENERALS

Les característiques principals de les pales carregadores són:

- Gran mobilitat, aconseguint fins als 45 km/h.
- Alçada de descàrrega: entre 3 i 6 m.
- Disseny compacte: Massa en servei/Mida de cassó = $7,5 \text{ t/m}^3$.
- Relació favorable: Potència instal·lada/Capacitat de la cullera = 62 CV/m^3 .

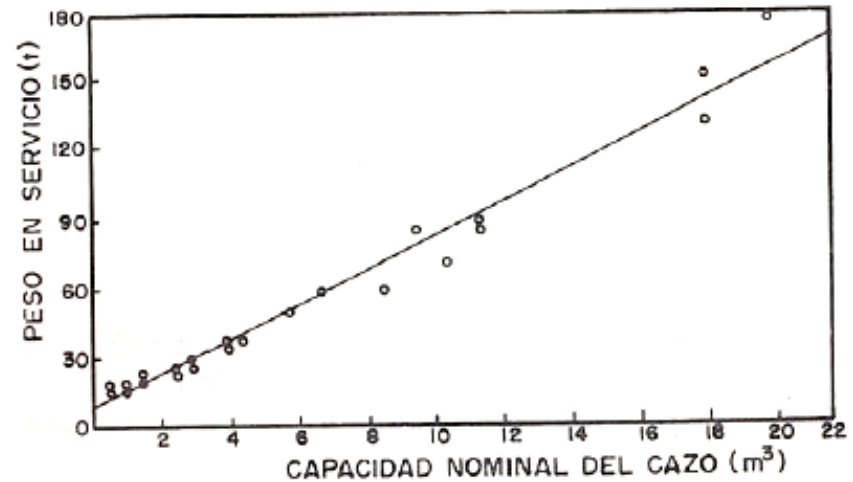


Figura 2.— Relación entre la capacidad de los cazos y el peso en servicio de las palas de ruedas.

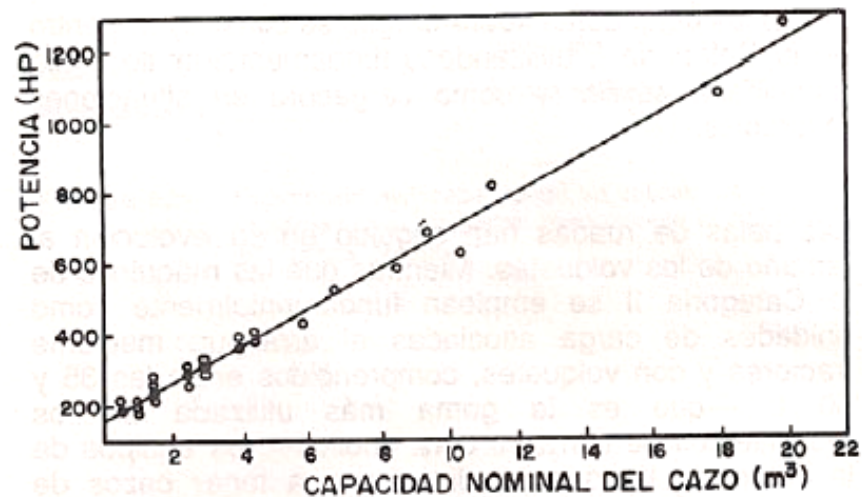


Figura 3.— Relación entre la capacidad de cazo y la potencia de las palas.



CARACTERÍSTIQUES GENERALS

- Capacitat per remuntar i treballar en pendents.
- Excel·lent maniobrabilitat i radi de gir petit gràcies a l'articulació central.
- Gran amplada de cullera que li permet gestionar grans blocs o peces.
- Possibilitat d'obtenir mescles en el tall a causa de la gran mobilitat.
- Facilitat per mantenir un pis de càrrega més net.
- Menor inversió de capital que en altres sistemes de càrrega i facilitat de revenda.
- Menor perill d'envelliment causa del seu menor vida útil (10.000 a 15.000 h).
- Possibilitat de lloguer i contractació.
- Manteniment senzill pel sistema d'intercanvi de conjunts.
- Menor necessitat de pràctica i experiència del personal que amb altres unitats de càrrega.



DESAVANTATGES

- Requereixen un tractament del material a carregar, mitjançant ripat i empenta o amb voladura i empenta, per evitar que es produeixi un descens dràstic de la producció.
- Per igual capacitat de cullera tenen una menor productivitat que les excavadores.
- Precisen d'amplic espai per maniobrar, ja que necessiten desplaçar-se durant l'operació de càrrega.
- La productivitat es redueix amb l'aparició de problemes de tracció, en sòls enfangats i tous.
- Quan el pis de l'explotació es troba amb grans repeus i es tracta de roques dures i abrasives, es dispara el cost dels pneumàtics.
- La menor vida d'aquests equips es tradueix en majors costos de propietat.
- Necessiten bancs d'alçada reduïda per operar amb seguretat.
- Presenten un mal rendiment energètic pel fet que, quan fan la càrrega, s'executen moviments improductius.
- Menor disponibilitat mecànica que les excavadores.
- Condicions de treball per l'operador més penoses que en altres màquines de càrrega.



CARACTERÍSTIQUES GENERALS

L'augment de la grandària d'aquests equips s'ha traduït en els següents fets:

- Augment dels temps de moviment dels cilindres hidràulics, proporcionalment a la mida de la cullera.
- Forces d'arrencada específiques proporcionals a la mida de la cullera, de manera que augmenti linealment amb aquest.
- La força de tracció específica amb la mida de la cullera.
- L'alçada de descàrrega i l'abast augmenten aproximadament el doble per un increment de quatre vegades la capacitat de la cullera.
- La velocitat de transport varia poc amb la mida de la cullera.
- La mida de les rodes no augmenta proporcionalment amb la grandària de la cullera.

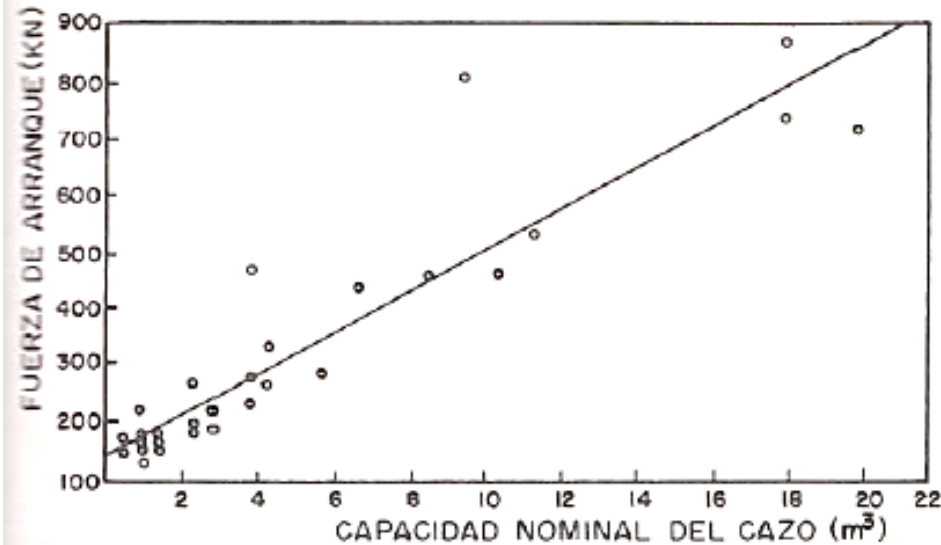


Figura 4.— Relación entre la capacidad del cazo y la fuerza de arranque de las palas.

CARACTERÍSTIQUES GENERALS

Tot això ha significat:

- Les màquines més grans presenten major resistència estructural i capacitat d'arrencada, produint majors rendiments en condicions difícils d'excavació.
- L'alçada de descàrrega no augmenta en funció de la dimensió de la màquina.
- La capacitat d'arranc, la mida de les rodes i la velocitat de desplaçament no augmenten proporcionalment amb la dimensió de l'equip.
- A més robustesa de les pales, més pes, més inèrcia, i es requereix més potència.
- La capacitat màxima d'arrencada es veu limitada per la disponibilitat de xassís estructurals resistents i grans motors.
- Les màquines més grans tenen, comparativament, rodes més petites, el que es tradueix en una disminució de l'estabilitat, quedant com a unitats auxiliars és les explotacions mineres a cel obert.



PARTS DE LA MÀQUINA

Les parts més importants en el disseny i construcció de les pales carregadores de rodes són:

- El xassís.
- El motor.
- La transmissió.
- El sistema hidràulic.
- L'equip de treball.
- La cullera.
- La cabina.
- Els pneumàtics.



PARTS DE LA MÀQUINA: XASSÍS

El xassís està format per dos semixassís junts per una articulació doble amb eix vertical:

- Al xassís davanter, amb una forma més o menys triangular, va ancorat tot l'equip de treball. El xassís ha de suportar l'eix i el seu diferencial.
- El xassís del darrere té forma de caixa i ha de suportar a més a més l'eix i el seu diferencial, el pes del motor i de la transmissió i, generalment, la cabina i comandaments de l'operador.

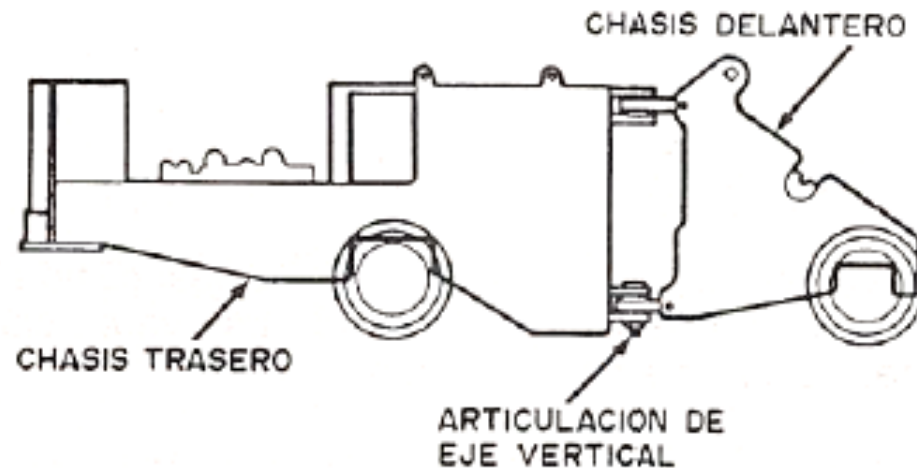


Figura 5.— Chassis de una pala de ruedas articulada.

PARTS DE LA MÀQUINA: XASSÍS

- La distribució de masses evita la necessitat d'un contrapès i manté baix el centre de gravetat.
- L'articulació permet, mitjançant l'acció dels plançons de dos cilindres hidràulics, un a cada costat, girs a esquerres i dretes, amb angles compresos entre 35° i 45° , el que augmenta la maniobrabilitat de la màquina.
- Els xassís estan construïts d'acer d'alta resistència, i estan dissenyats per suportar esforços de caràcter continuat, tant de torsió com de flexió. Van units mitjançant dos passadors d'acer endurit que s'insereixen en coixinets de rodets.

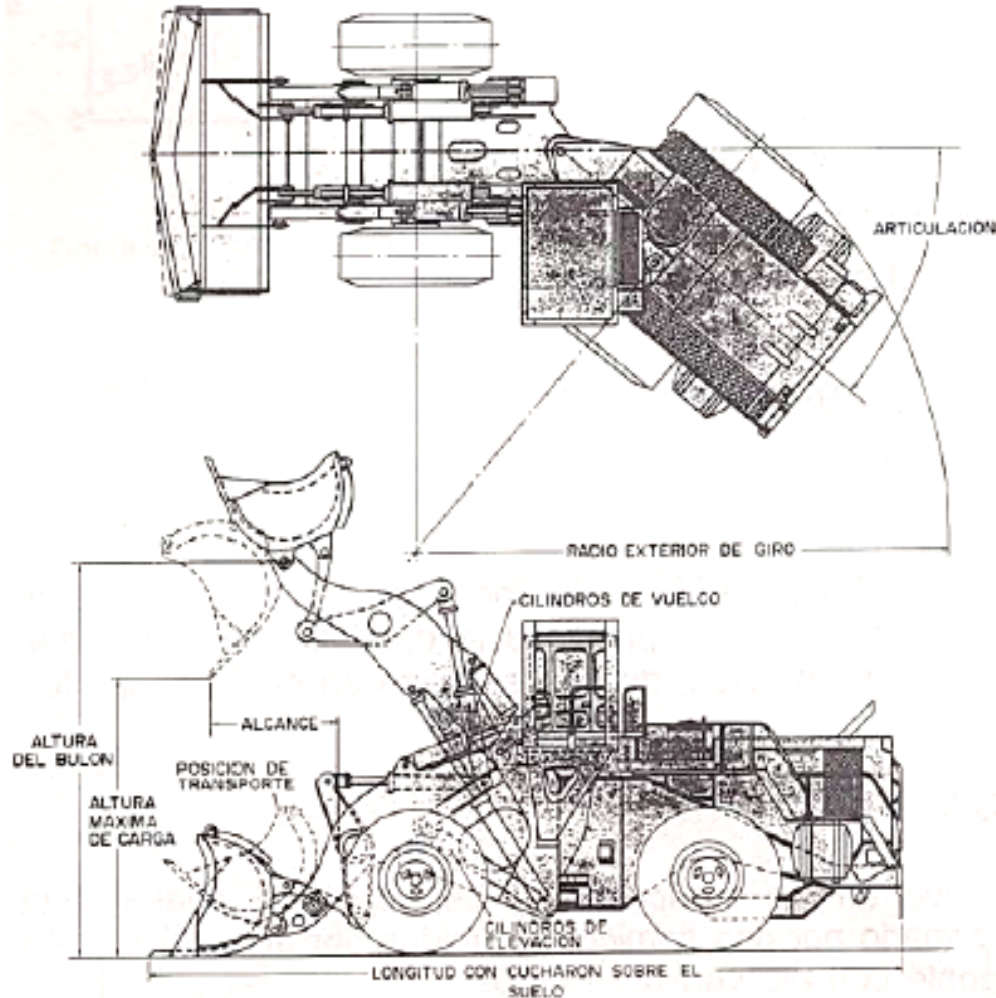
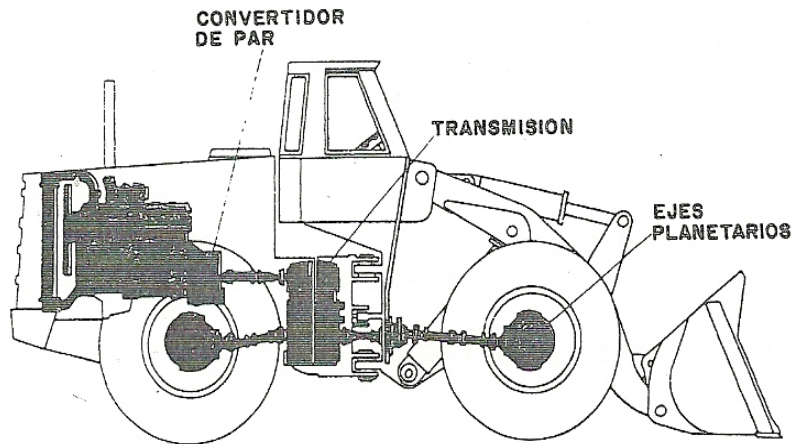


Figura 6.— Pala de ruedas articulada.

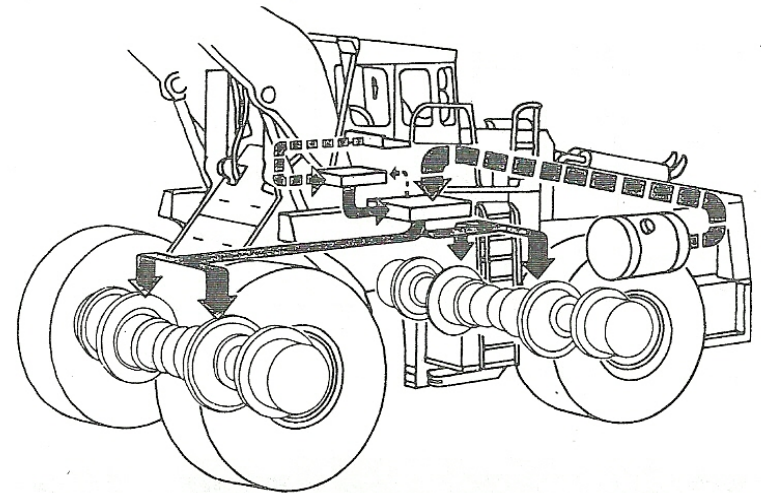
PARTS DE LA MÀQUINA: TRANSMISSIÓ

- Les pales de rodes utilitzen motors dièsel com a font d'energia primària.
- En aquestes màquines pot utilitzar-se dos tipus de transmissió:

– Transmissió mecànica.



- Transmissió elèctrica



PARTS DE LA MÀQUINA: HIDRÀULICS

El circuit hidràulic d'una pala de rodes acciona els cilindres de la cullera, els cilindres d'elevació i els cilindres de l'articulació.

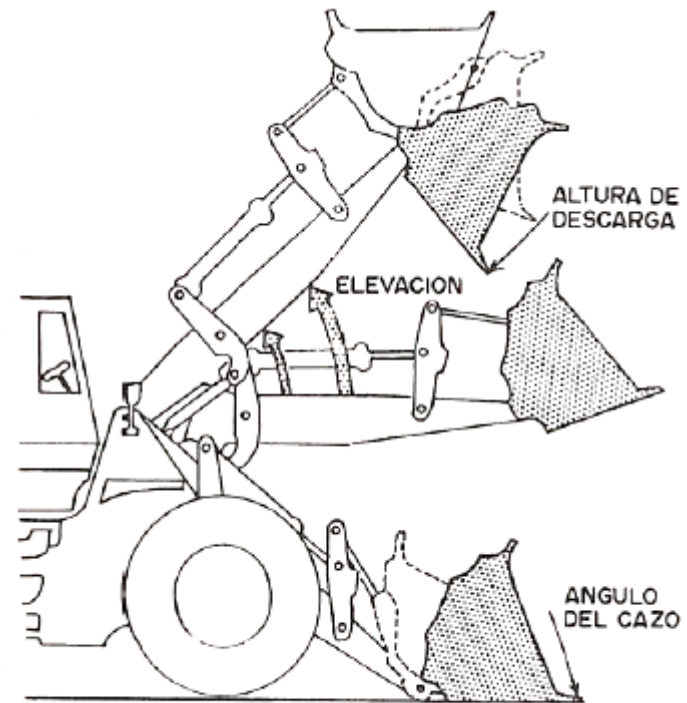


Figura 14.— Posicionado automático de la cuchara de una pala.

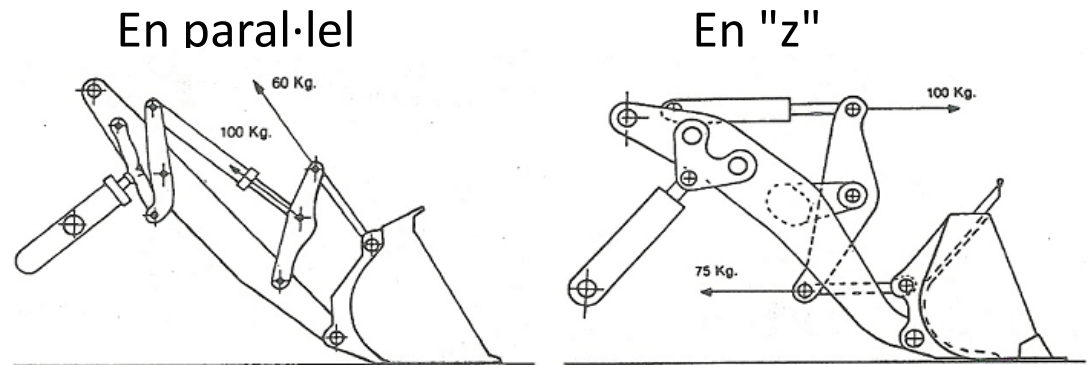
PARTS DE LA MÀQUINA: EQUIP DE TREBALL

L'equip de treball està constituït:

- - Mecanisme d'elevació
- - Mecanisme de volteig
- - Cullera.

Els braços d'elevació són d'acer d'alta resistència. Aquests estan units per un pont central que garanteix la solidesa del conjunt, i són accionats per cilindres hidràulics, per pujar-los i baixar-los.

Hi ha dos tipus configuracions de mecanisme de volteig:



PARTS DE LA MÀQUINA: EQUIP DE TREBALL

Cullera, característiques:

1. Amplada una mica més gran que la de les màquines. Aquestes amplades fan que tinguin una estructura més feble que els de les excavadores de cables i hidràuliques.
2. S'ha de maximitzar la càrrega útil, de manera que es construeixen amb el menor pes possible. Per això les forces d'arrencada de les pales de rodes són molt menors que en les excavadores.



PARTS DE LA MÀQUINA: EQUIP DE TREBALL

3. Els cassons es classifiquen en tres tipus segons els materials amb què es vagi a treballar:

- Materials lleugers: Porta llavis antidesgast. S'usa per manipular productes de baixa densitat, com el carbó, sorres, etc.
- Ús general: És recte i porta dents. S'utilitza per manipular materials solts de densitat mitjana.
- De roca: Es construeix amb la vora d'atac es forma de "V" per millorar la penetració, i porta dents. S'empra en els moviments de terres i en les explotacions a cel obert amb roques volades o ripadas i densitats mitjanes altes.

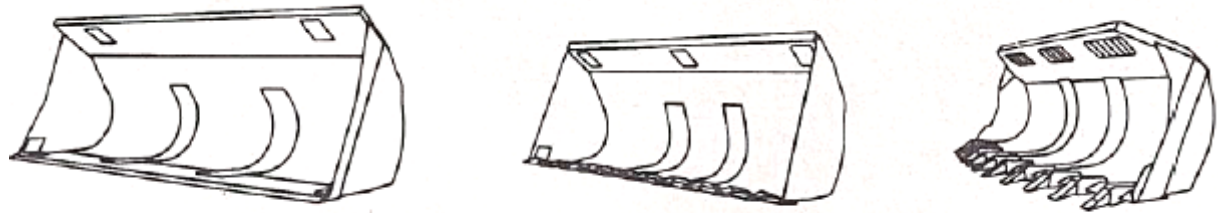


Figura 15.— Tipos de cazos.

PARTS DE LA MÀQUINA: CABINA

- La cabina va col·locada normalment sobre de l'articulació i pot formar part del cos davanter o del darrere. Normalment està en aquest últim.
- Els avantatges de la ubicació en el cos davanter són:
 - Millor visió de l'operador durant l'operació.
 - Aïllament de la cabina dels sorolls i vibracions produïdes pel motor.
- Els avantatges de la ubicació en el cos del darrere són:
 - Major confortabilitat causa dels girs més petits de la part posterior.
 - Més seguretat en l'operació.
 - Circuit hidràulic i elèctric més simples.



PARTS DE LA MÀQUINA: PNEUMÀTICS

Entre un 10% i un 20% dels costos de manteniment d'una pala carregadora estan relacionats amb els pneumàtics.



OPERACIONS BÀSIQUES

Els paràmetres que influeixen en la **productivitat** d'una pala carregadora són:

- La força de penetració.
- La força d'arrencada.
- La força d'elevació.
- El tipus de cullera.
- La distància de maniobra.



OPERACIONS BÀSIQUES

La **força de penetració** variarà segons:

- La potència del motor.
- La desmultiplicació de la transmissió.
- El diàmetre dels pneumàtics.
- Les condicions d'adherència del terreny.
- El pes de la màquina i la seva distribució per eixos.

La força d'arrencada o despreniment és la força màxima i contínua en sentit vertical ascendent aplicat a 100 mm de la vora d'atac de la cullera i aconseguida per mitjà de la capacitat per elevar i recollir la cullera al voltant del punt de gir especificat.



OPERACIONS BÀSIQUES

- **La força d'elevació** és la que s'exerceix per ascendir el màxim pes de la càrrega a la cullera a una alçada especificada, amb la cullera situada a la posició de màxima retenció de càrrega. Depèn de la capacitat del sistema hidràulic i del pes de la màquina.
- **La capacitat de la cullera** es pot donar de dues formes:
 - Al ras: La "capacitat arran" és el volum contingut en la cullera un cop anivellada la càrrega entre el tall i la part posterior de la cullera.
 - Satisfeta: La "capacitat plena" equival a la capacitat al ras més la quantitat addicional que s'acumuli amb talús 2:1 d'angle de repòs.

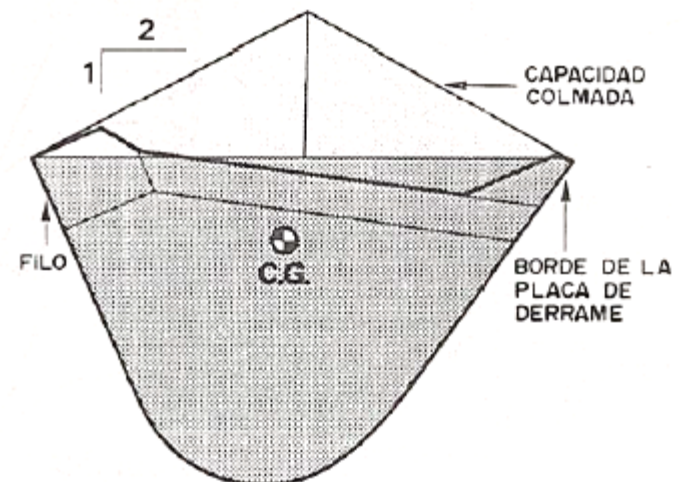


Figura 17.— Medida de la capacidad del cazo.

PRÀCTICA OPERATIVA

La forma general de treball d'una pala de rodes és la següent:

- La màquina s'acosta al capdavant de càrrega amb:
 - La cullera al nivell del sòl.
 - La fulla horitzontal.
 - Amb la velocitat més curta de la caixa de canvis.
- Un cop que ha penetrat la cullera al terreny es procedeix a la càrrega del mecanisme mitjançant moviments, mantenint l'empenta frontal, amb una nova elevació dels braços fins que s'ompli la cullera

La durada d'aquesta fase depèn de:

- La mida de la màquina.
- El tipus de material a carregar.
- L'habilitat de l'operador.

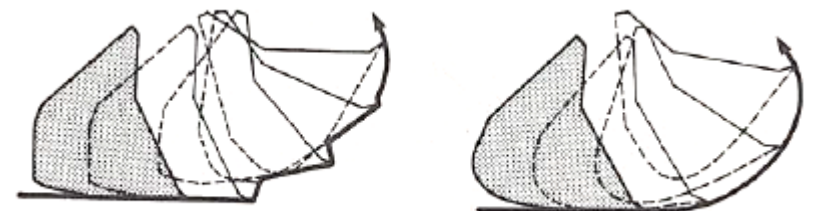
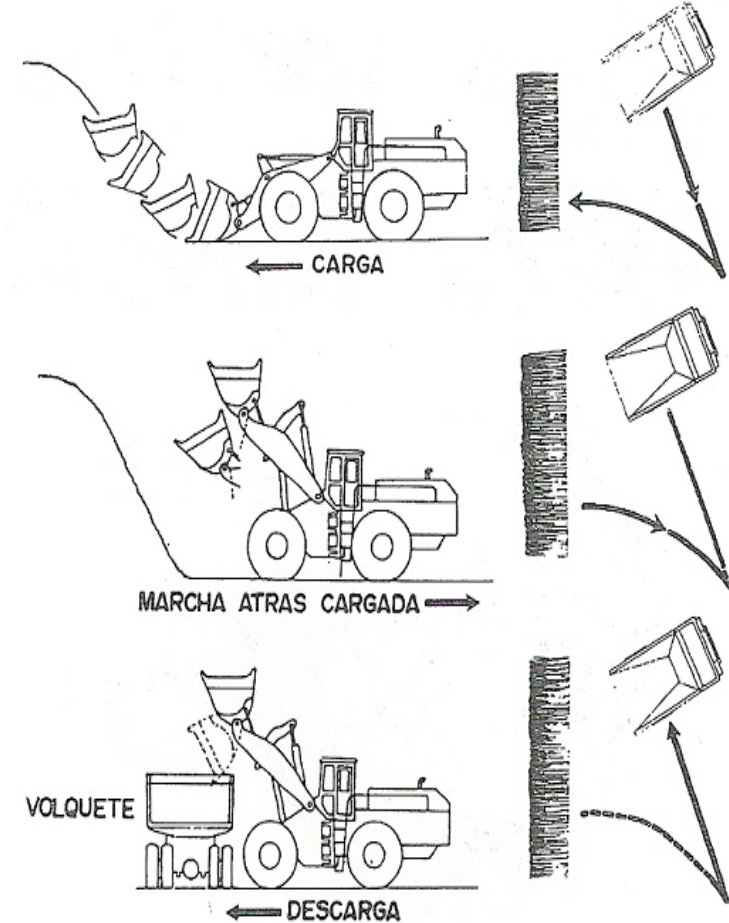


Figura 18.— Movimientos del cazo durante la carga.

APLICACIONS

Les pales de rodes tenen dues aplicacions bàsiques:

- Com equips de càrrega.
- Com equips de càrrega i transport.



APLICACIONS: EQUIPS DE CÀRREGA

Hi ha quatre procediments per mitjà dels quals es pot fer la càrrega sobre les unitats de transport:

1. Mètode tradicional amb una pala.
2. Mètode tradicional amb dues pales.
3. Mètode alternatiu.
4. Mètode en cadena.



APLICACIONS: EQUIPS DE CÀRREGA

Mètode tradicional amb una pala

Consisteix en col·locar el bolquet girat al capdavant de la càrrega i des d'un dels laterals carregar totalment amb una pala.

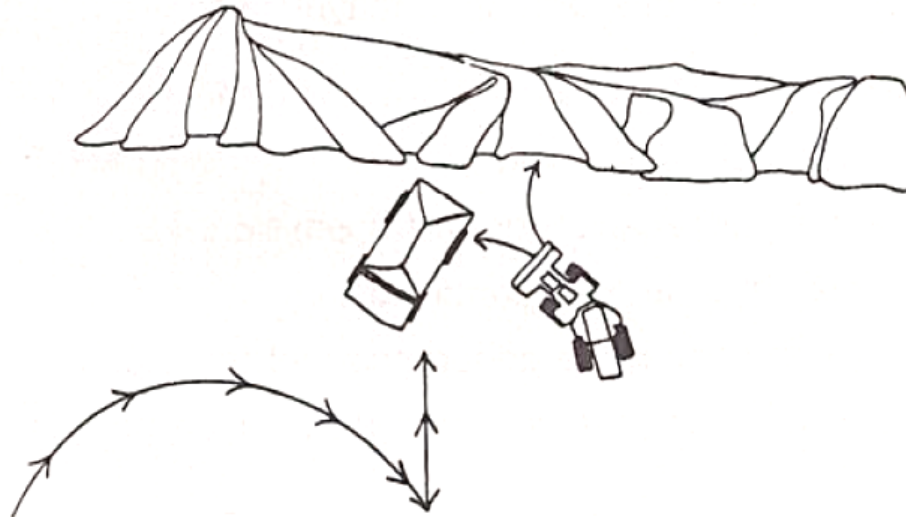


Figura 20.— Método tradicional.

APLICACIONS: EQUIPS DE CÀRREGA

Mètode tradicional amb una pala

Les principals avantatges són:

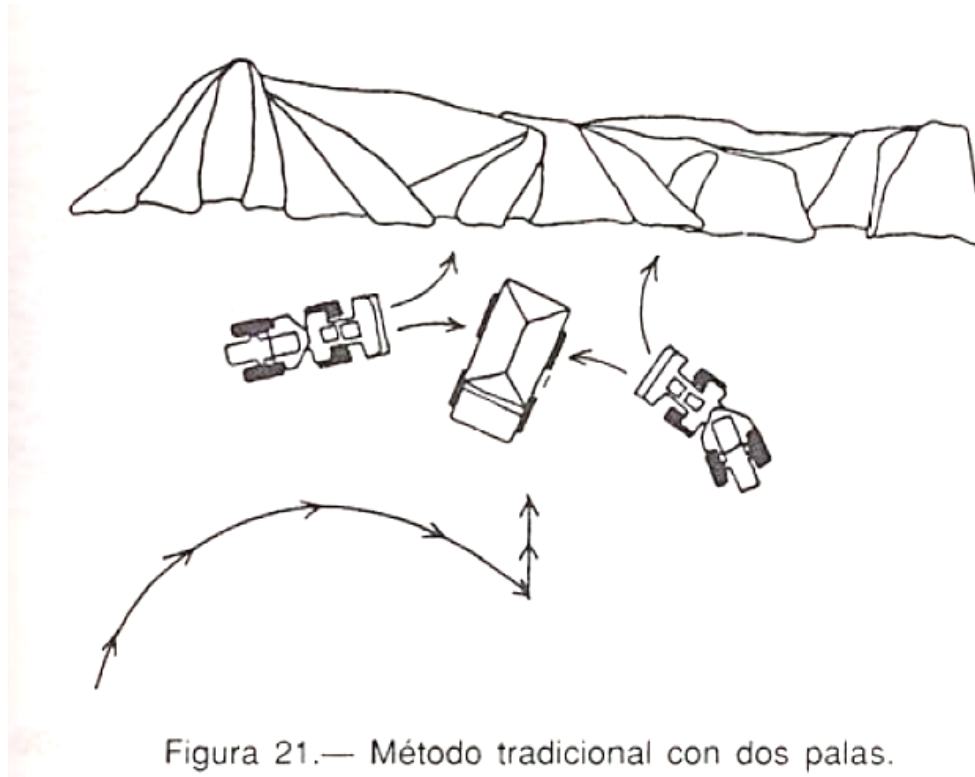
- És adequat quan la producció requerida està pròxima a la producció de càrrega d'una unitat.
 - És molt conegut pels operadors i no presenta problemes d'execució.
 - Permet la càrrega en talls estrets.
 - Un cop situat el bolquet no cal variar de posició.
- Els principals inconvenients són:
 - Elevat temps mort de les unitats de transport durant la càrrega.
 - Major nombre d'unitats de transport per produccions altes.
 - Cert temps d'espera de la pala fins que es col·loca el bolquet.



APLICACIONES: EQUIPS DE CÀRREGA

Mètode tradicional amb dues pales:

L'única diferència amb el mètode tradicional amb una pala és que la segona pala càrrega simultàniament al bolquet des de l'altre costat d'aquest.



APLICACIONS: EQUIPS DE CÀRREGA

Mètode tradicional amb dues pales:

- Les principals avantatges són:
 - És adequat quan la producció requerida està pròxima a la producció de càrrega de dues unitats.
 - És conegut pels operadors i no presenta problemes en la seva execució.
 - Un cop situat el bolquet no cal variar de posició.
- Els principals inconvenients són:
 - Necessita talls més amplis que el mètode anterior.
 - Precisa cert temps d'espera de les pales mentre es col·loca el bolquet.



APLICACIONS: EQUIPS DE CÀRREGA

Mètode alternatiu:

El bolquet s'atura al punt 1 per rebre la primera càrrega, després segueix fins el punt 2 i rep les càrregues 2, 3 i 4.

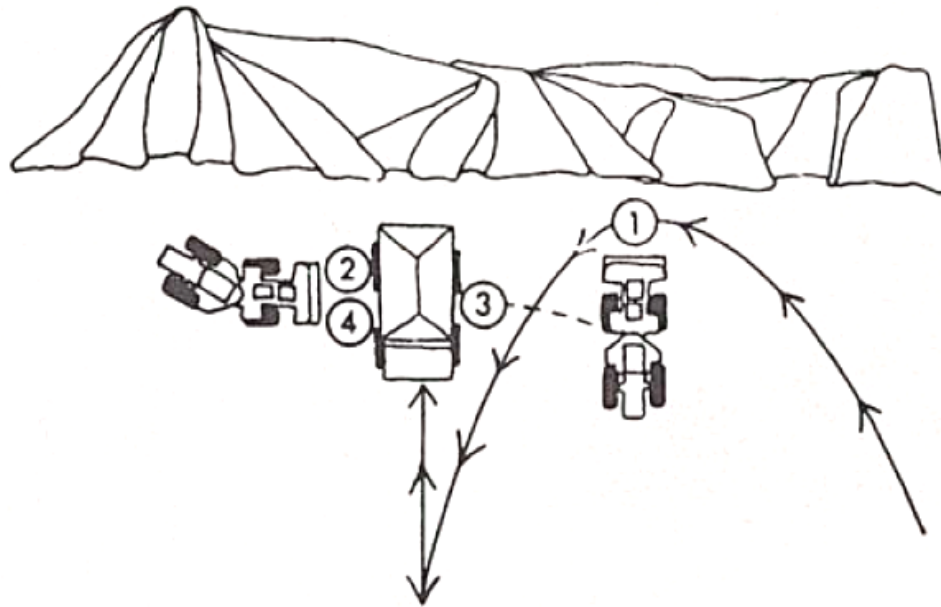


Figura 22.— Método alternativo.

APLICACIONS: EQUIPS DE CÀRREGA

Mètode alternatiu:

- Les principals avantatges són:
 - No hi ha temps morts ni per les pales ni pels bolquets.
 - El temps de càrrega és més curt que en el mètode tradicional amb dues pales.
- Els principals inconvenients són:
 - Dificultat per posicions en el lloc correcte.
 - Més complicat d'executar pels operadors.
 - En variar el nombre de culleres amb què es carrega el bolquet, canvia totalment el plantejament.



APLICACIONS: EQUIPS DE CÀRREGA

Mètode en cadena:

Es disposa de tantes pales com cassons fan falta per carregar un bolquet.

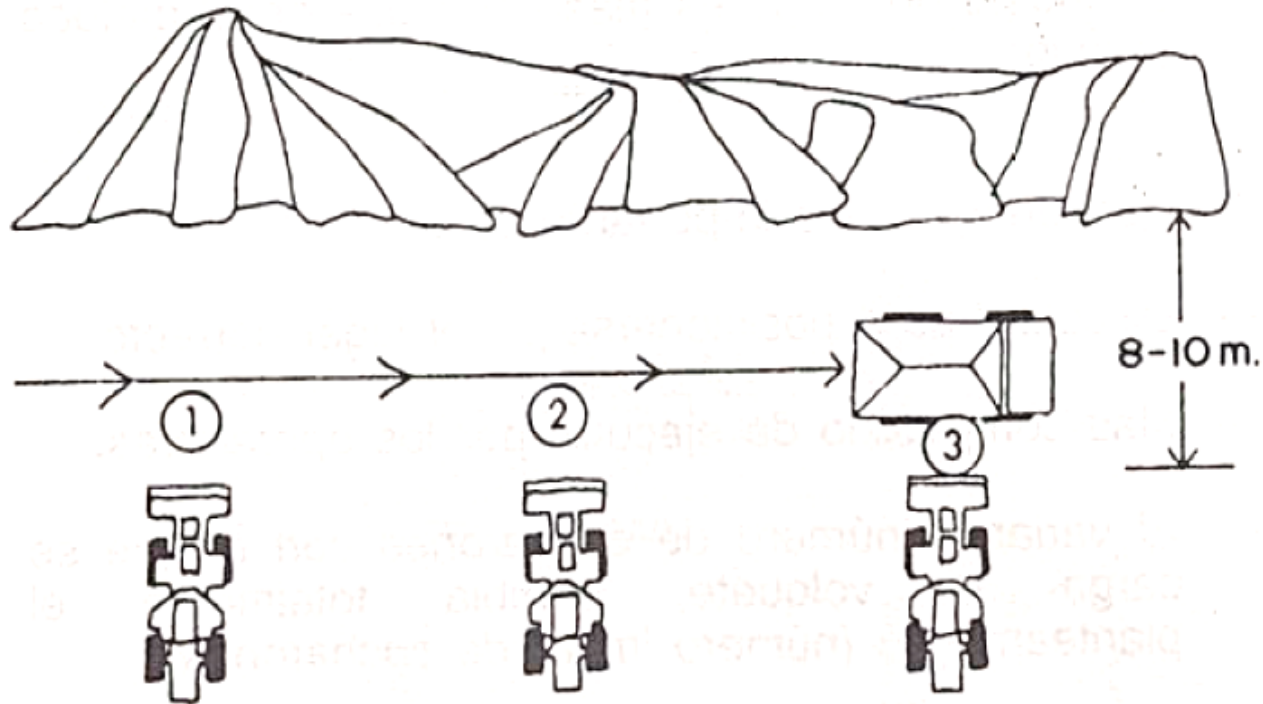


Figura 23.— Método en cadena.

APLICACIONS: EQUIPS DE CÀRREGA

Mètode en cadena:

- Les principals avantatges són:
 - El menor temps possible per a la càrrega del bolquet.
 - Un complet i fàcil acoblament sense temps morts.
 - El següent bolquet pot començar a carregar abans d'acabar la càrrega de l'anterior.
 - Costos mínims per grans produccions.
- Els principals inconvenients són:
 - Requereix una producció molt alta en un tall únic.
 - Calen talls molt amplis.
 - Dificultat per posicionar el bolquet.
 - Més risc per als pneumàtics.



APLICACIONES: EQUIPS DE CÀRREGA

RESULTAT COMPERATIU: pales amb culleres de 9.6 m³ i bolquet de 77 t.

TABLA II

METODO	Número de cazos	Carga por cazo (tc)	Carga del volq.(tc)	Tiempo de descarga (min)	Tiempo de maniobra de la pala o volquete (min)	Tiempo total de carga (min)	Producción (cazos/h)
Tradicional (1 Pala)	4	21,15	85	0,1	2,2	2,6	19,2
Tradicional (2 Palas)	4	21,25	85	0,1	1,0	1,4	35,6
Alternativo	3	25,00	75	0,1	0,55	0,85	58,8
Cadena	4	21,35	85	0,1	0,35	0,75	66,6



APLICACIONS: EQUIPS DE CÀRREGA

Com a normes generals d'operació hem de tenir en compte els següents punts:

1. L'alçada de banc òptima és la compresa entre l'articulació del braç i l'alçada d'abast màxim.
2. Cal tenir precaució davant els desprendiments bruscos del material.
3. La força d'empenta es produeix com a conseqüència de l'esforç de tracció i de la inèrcia. El gir de les rodes disminueix la tracció.
4. Evitar que la pala pugi sobre de la pila de material apilat.
5. La càrrega en terrenys durs i compactes requereix culleres de roca, pneumàtics de treball pesat i major contrapès de la màquina.
6. El front s'ha atacar suaument i amb fermesa.
7. La cullera ha de variar d'orientació buscant les zones de debilitat quan s'excava. El pis de càrrega s'ha de mantenir anivellat, net i drenat, evitant tolls que disminueixin la tracció i afecten la vida dels pneumàtics.



APLICACIONS: EQUIPS DE CÀRREGA

8. La inèrcia de la màquina s'ha d'utilitzar per ajudar a la penetració de la cullera, però l'aproximació no ha de fer patinar les rodes.
9. Les majors forces d'excavació s'aconsegueixen en posicions baixes de la cullera.
10. Si es produeix un ompliment excessiu de la cullera, hi ha vessaments durant la maniobra i serà necessari netejar els talls per evitar danys als pneumàtics.
11. En l'extracció de estèril en les mines de carbó la repetició de les maniobres produeix un esquinçament del pis de carbó.
12. Les culleres més amples de les màquines grans possibiliten la retirada de pedres grans que afecten a la càrrega.
13. La pujada de la cullera s'ha d'executar just fins a arribar bé l'altura de descàrrega i tenir bona visibilitat a la maniobra.
14. El gir de la cullera durant la descàrrega s'ha de fer lentament quan es porten pedres grans, per evitar danys en les caixes dels bolquets.
15. Els materials enganxosos es poden desenganxar colpejant el límit de descàrrega diverses vegades.



APLICACIONS: EQUIPS DE CÀRREGA I TRANSPORT

Quant la distància de transport és petita, les pales de rodes es poden fer servir en aquesta comesa eliminant els bolquets. Aquest mètode s'utilitza com a sistema d'alimentació de matxucadores mòbils, permetent d'aquesta manera una major flexibilitat d'operació pel fet que la planta i el sistema de cintes pot situar a certa distància, i per tant, no es veuen afectats per l'execució de voladures.

TABLA III

CAPACIDAD DEL CAZO (m ³)	DISTANCIA MAXIMA (m)
4,5	180 - 200
7,6	250 - 275
9	300



APLICACIONES: EQUIPS DE CÀRREGA I TRANSPORT

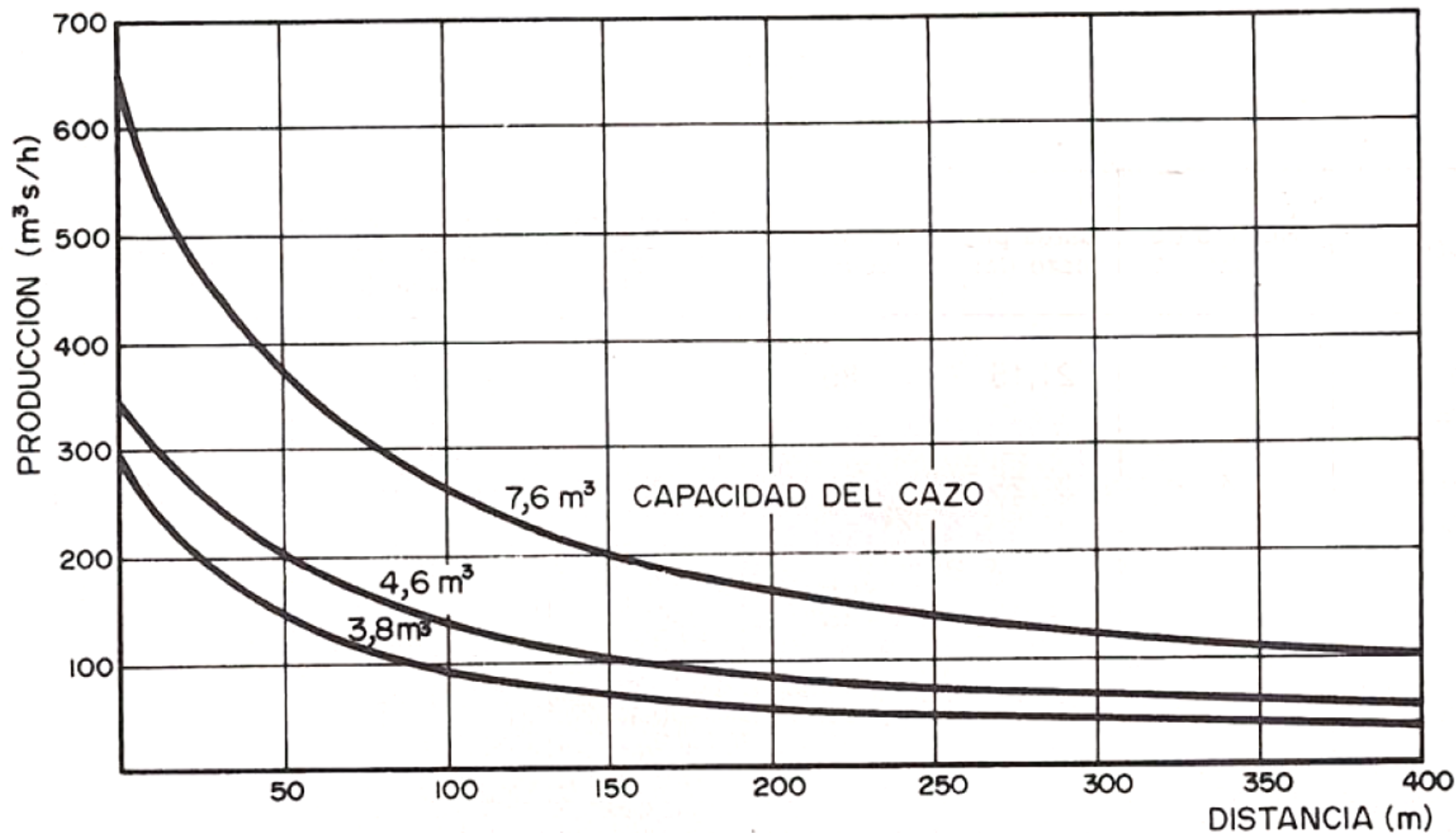
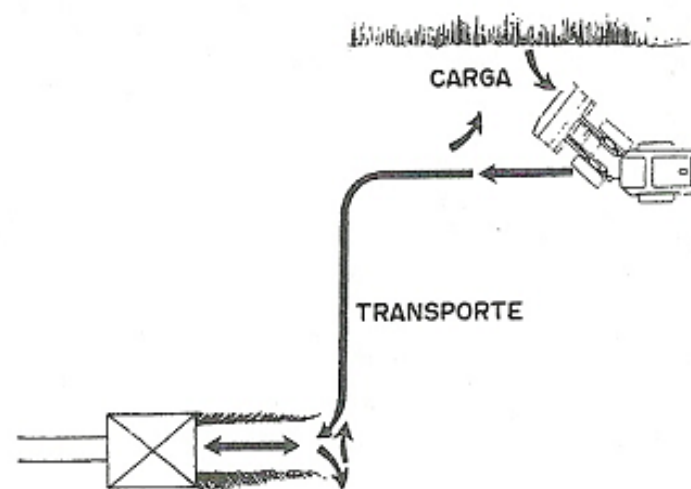


Figura 24.— Producción combinada de carga y transporte.

APLICACIONS: EQUIPS DE CÀRREGA I TRANSPORT

- En general, l'ús de diverses pales és més costós que el calculat per a una unitat, ja que es poden produir interferències en l'operació, disminuint la producció de cada màquina.
- El **procés d'operació** és el següent: un cop realitzada la càrrega de la cullera, la pala es retira i es dirigeix cap al lloc d'abocament del material. Si la distància de transport és llarga, és convenient que el recorregut es faci cap endavant, però si el recorregut és curt pot realitzar un dels trajectes, d'anada o de tornada, marxa enrere.



APLICACIONS: EQUIPS DE CÀRREGA I TRANSPORT

Cal tenir en compte els següents punts:

1. S'ha de tenir cura del posicionament de la cullera durant el transport perquè la càrrega vagi centrada i el pes es distribueixi també sobre els pneumàtics del darrere.
2. La cullera s'ha de tornar enrere per evitar vessin i col·locar-la tan baixa com sigui possible per mantenir el centre de gravetat baix i tenir una bona visibilitat de la pista, però s'ha d'evitar el contacte amb el terreny.
3. Les pistes s'han de construir i mantenir adequadament per obtenir bones velocitats de transport, controlant els moviments de la màquina i el vessament de la càrrega.
4. Les velocitats de transport poden provocar, a causa del moviment amb rebots, danys als pneumàtics, sent desitjable mantenir una pressió d'inflat alta.
5. Amb velocitats altes augmenta la producció, però a costa d'incrementar el consum de combustible i el nombre d'avaries i disminuir la seguretat de l'operació.



CRITERIS DE SELECCIÓ

Els criteris que serveixen per a la selecció de les pales carregadores estan basats en les diferències essencials que existeixen entre les pales carregadores i les excavadores hidràuliques. Aquestes són el seu directe rival.

El procés de selecció d'una pala de rodes consta de les següents parts:

- Definició de les característiques bàsiques.
- Elecció del sistema de rodatge.
- Selecció del model.



A la taula següent podem comparar les dues màquines:

Excavadores hidràuliques	Pales Carregadores
<ul style="list-style-type: none">• Inversió mitjana• Vida mitjana (5 - 10 anys)• Cost d'operació 1/2• Valor residual petit• Capacitat de la cullera de fins a 26 m³• Forces específiques de tall elevades• Adequada en terrenys compactes• Pot operar en terrenys durs o tous segons l'ample d'eruga.• Pot treballar per sobre o per sota del nivell de la màquina.• Abast d'excavació i alçada de descàrrega elevada.• Adequada a altures de banc i bolquets grans.• Cicles de treball petits.• Rendiment de càrrega elevat.• Amplada del tall requerida petita.• Màquina de càrrega ideal a tall fix.	<ul style="list-style-type: none">• Inversió mitjana• Vida mitjana-baixa (5 anys)• Cost d'operació alt• Valor residual petit• Capacitat de la cullera de fins a 26 m³• Forces específiques de tall petites• Adequada en terrenys tous o amb materials empesos amb tractors d'erugues.• Precisa plataforma de treball ferma i dura.• No pot operar per sota del pis.• Abast d'excavació i alçada de descàrrega mitjana.• Adequada a altures de banc petites i bolquets de tipus mitjà.• Cicles de treball grans.• Rendiments mitjans.• Amplada del tall requerida mitjana-gran.• Màquina versàtil d'alta mobilitat (equip de càrrega, neteja de talls, transport de material a curtes distàncies, etc).



CRITERIS DE SELECCIÓ

1. Definició de les característiques bàsiques

Les dades de partida són:

- La producció horària requerida "P" expressada en $[m^3/h]$.
- El tipus de material a carregar que es classifica en: [tou, mig, dur].
- La densitat de la roca.

Coneixent aquestes dades es poden determinar:

- La mida de la cullera "C".
- El tipus de bolquet adequat a la màquina de càrrega.
- L'alçada de banc.
- El pes aproximat de la màquina "W".
- La potència de la mateixa " P_w ".



CRITERIS DE SELECCIÓ

2. Determinació de la cullera

La mida de la cullera "C" el determinarem en funció del tipus de material i de la producció "P" prevista segons les següents equacions:

TABLA V

	TIPO DE MATERIAL		
	BLANDO	MEDIO	DURO
TAMAÑO DEL CAZO C (m ³)	$\left(\frac{P^*}{49}\right)^{1,23}$	$\left(\frac{P}{47}\right)^{1,27}$	$\left(\frac{P}{40}\right)^{1,45}$

* P en m³/h



CRITERIS DE SELECCIÓ

3. Capacitat del bolquet

La pala ha de carregar al bolquet en un nombre de cicles comprès entre 3 i 5. La mida del bolquet T (t) és determina en funció de la cullera "C" i del tipus de material.

TABLA VI

TIPO DE MATERIAL	VOLQUETE/T (t)
Blando	5 – 8 C *
Medio	4 – 7 C
Duro	3,5 – 6 C

* C en m³



CRITERIS DE SELECCIÓ

3. Capacitat del bolquet

A més, s'han de complir certes condicions geomètriques:

- Alçada de descàrrega: ha de ser major de $1,06$ l'alçada de la caixa del bolquet.
- Abast de la pala: com a mínim, $0,4 B$, sent B l'amplada del bolquet.
- Angle de descàrrega: La pala ha de descarregar a la caixa evitant vessaments laterals. L'angle màxim ha de ser d'uns 50° quan es manipulin materials enganxosos.
- Amplada de la cullera: Ha de ser menor que la longitud de la caixa del bolquet.

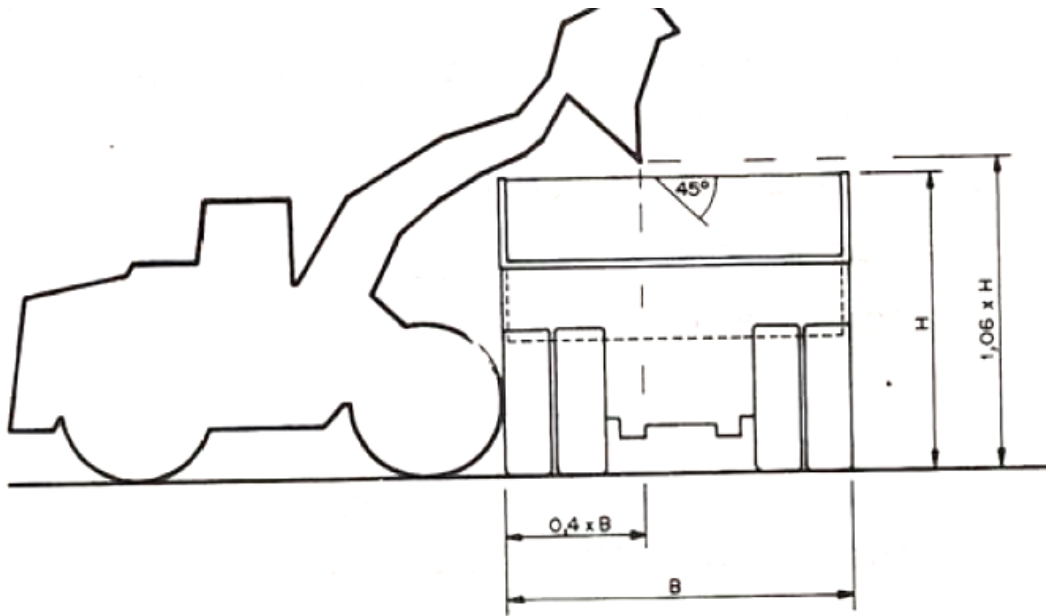


Figura 26.— Relación de dimensiones entre las palas y los volquetes

CRITERIS DE SELECCIÓ

4. L'alçada de banc

L'abast màxim es pot expressar en funció de la mida de la cullera, i del mètode de càrrega utilitzat:

$$\begin{array}{ll} \text{PALA} & H(\text{m}) = 3,5 + 0,3 \cdot C(\text{m}^3). \\ \text{PALA} + \text{TRACTOR} & H(\text{m}) = 6 + 0,3 \cdot C(\text{m}^3). \end{array}$$



CRITERIS DE SELECCIÓ

5. Pes de la pala

El pes de la pala "W", es determina a partir de la mida de la cullera "C", amb la següent expressió:

$$W \text{ (t)} = 7,5 \cdot C \text{ (m}^3\text{)}.$$



CRITERIS DE SELECCIÓ

6. Potència

La potència de la pala " P_w " es pot calcular en funció de la mida de la cullera " C ", mitjançant l'equació:

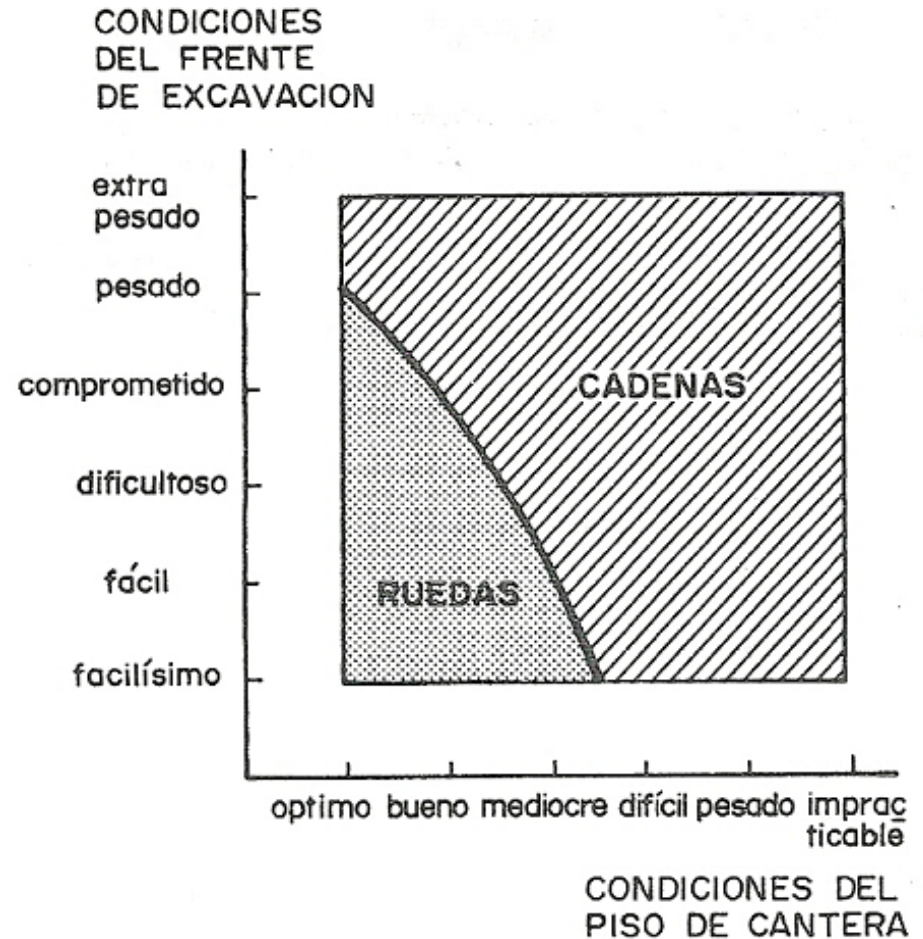
$$P_w \text{ (kW)} = 47 \cdot C \text{ (m}^3\text{)}.$$



CRITERIS DE SELECCIÓ

7. Elecció del sistema de rodatge

Si la mida de cassó és menor de 4 m^3 , el sistema de rodatge pot ser de pneumàtics o de erugues.



CRITERIS DE SELECCIÓ

TABLA VII

TREN DE RODAJE	VENTAJAS	INCONVENIENTES
ORUGAS	Mayor capacidad de excavación Menor presión sobre el terreno Gran esfuerzo de tracción	Velocidad de desplazamiento baja Coste de mantenimiento alto en materiales abrasivos
NEUMATICOS	Gran movilidad Menor coste de mantenimiento en condiciones fáciles Velocidad de desplazamiento alta Alta maniobrabilidad	En materiales abrasivos alto coste de rodaje Presiones sobre el terreno altas



CRITERIS DE SELECCIÓ

8. Selecció del model

Un cop definides les característiques bàsiques de la màquina: pes, potència i mida del pot, el pas següent és la petició d'ofertes als fabricants o distribuïdors. Amb aquestes avaluarem les diferències entre els diferents models i compararem els següents elements:

- Relació pala-bolquet.
- Motor.
- Càrrega límit d'equilibri o estàtica.
- Sistema de tracció.
- Circuit hidràulic.
- Força d'arrencada.
- Disseny de la cullera i accessoris.
- Articulacions.
- Cabina.
- Pneumàtics.
- Manteniment i servei.



TENDÈNCIES

Les pales de 10 a 12 m³ tenen una bona introducció al mercat de moviment de terres, permetent la càrrega de bolquets de fins a 85 t, de manera que els camps d'aplicació són:

- Minería a cel obert amb produccions petites a mitges o operades mitjançant contractista.
- Grans moviments de terra: autopistes, preses, etc.

Les tendències d'aquesta gamma són:

- Clara superioritat de les pales mecàniques sobre les elèctriques.
- Millora dels circuits hidràulics, el que permetrà cicles més petits i, consegüentment, millors productivitats.
- Millora de la cinemàtica i augment de les forces d'arrencada, aconseguint millors graus d'ompliment de la cullera i augment de la producció.
- Augment de la velocitat de desplaçament de les pales mitjançant una millora dels comandaments finals i dels pneumàtics.
- Millora de la disponibilitat mecànica.
- Millora en l'accés dels components.
- Reducció en la freqüència del servei.
- Autodiagnosi i control de la situació de la màquina.



TENDÈNCIES

Les pales de 12 a 17 m³ de cullera permeten la càrrega de bolquets de 120 a 190 t, de manera que el seu camp d'aplicació es veu limitat a la gran mineria a cel obert, en què han de competir amb les excavadores de cables i hidràuliques. Les tendències per aquestes màquines són:

- Lleugera superioritat de les pales elèctriques sobre les pales mecàniques.
- Millora de la productivitat a base d'innovacions en el circuit hidràulic i els pneumàtics.

Models més grans no és probable que assoleixin l'èxit a causa del següent:

- Menor disponibilitat mecànica.
- Major consum de combustible.
- Augment de la inversió.
- Possible aparició de problemes en el xassís.



TENDÈNCIES

TABLA VIII

TAMAÑO DE CAZO	Nº MODELOS Y TIPO DE TRANSMISION
10 - 12 m ³	5 Modelos: 4 Mecánicas 1 Eléctrica
12 - 17 m ³	3 Modelos: 1 Mecánica 2 Eléctricas
> 17 m ³	1 Modelo experimental Mecánica



ROTOPALES - BUCKET WHEEL EXCAVATORS



Rotopales - bucket wheel excavators



Compact Bucket Wheel Excavator – Excavadores de rodet compacte



Excavadores de cadena de “cangilones” – Bucket Chain Excavators



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

<http://www.takraf.com/es/main.htm>

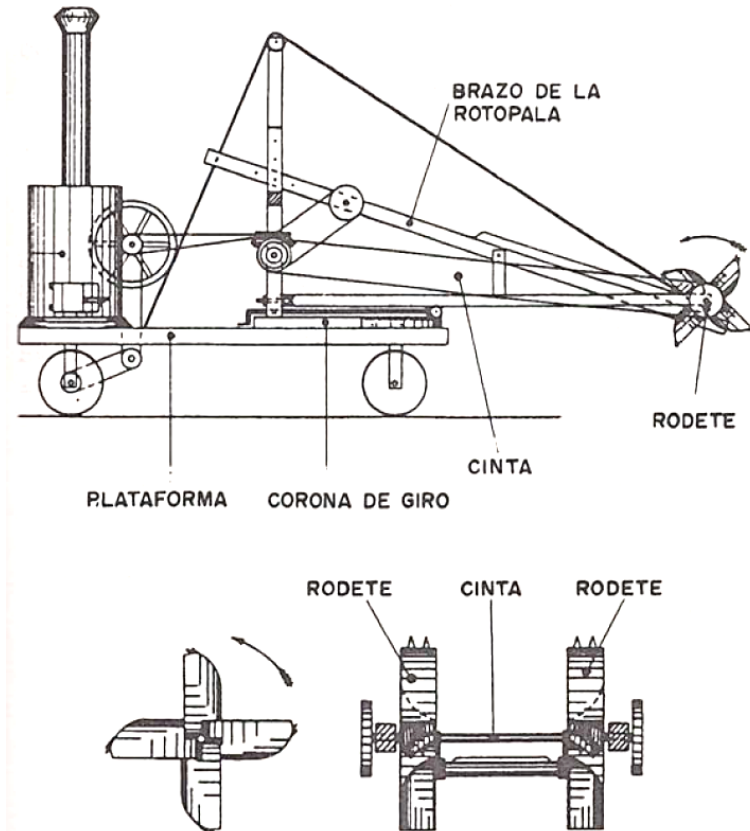
Campus d'Excel·lència Internacional

INTRODUCCIÓ

La rotopala és una màquina de producció contínua.

Conté les funcions d'arrencada, càrrega i transport de mineral.

- 1881: es va construir i patentar una màquina a US que es pot considerar com la primera rotopala, accionada per vapor i dissenyada per C.A. Smith.



INTRODUCCIÓ

- 1916: Alemanya: explotació de lignits, entrant en funcionament la primera rotopala de certa capacitat. Aquest equip es traslladava sobre vies i s'utilitzava per excavar el recobriment per sobre del nivell de translació.
- 1950: es van produir grans innovacions, com són els sistemes de braç extensible i suspès, arribant al 1952 a una producció de 40.000 m³/d.
- 1960: els jaciments de lignits més superficials s'havien esgotat, i va caldre extreure majors quantitats de recobriment, apareixent les rotopales de 60.000 i 110.000 m³/d.
- 1970: van aparèixer necessitats d'unitats de fins a 240.000 m³/d.



AVANTATGES DE LA ROTOPALA

- Per a una producció donada, les rotopales són més petites que les dragalines o les excavadores.
- Són màquines d'excavació contínua, no cíclica.
- Tenen un consum d'energia menor, del 60 al 70% del de les excavadores de cables, per unitat produïda.
- No generen impactes durant la càrrega.
- Tenen un radi d'abocament gran.
- Poden operar per sobre o per sota del nivell d'erugues o suport.
- El material excavat es pot descarregar sobre una gran varietat de sistemes: camions, vagons o cintres transportadores.
- Poden dissenyar-se amb una baixa pressió específica sobre el terreny, sent adequades en sòls de baixa capacitat portant i amb males condicions meteorològiques.
- El sistema de treball proporciona talussos molt estables i bancs amples.
- Permeten una gran selectivitat en l'excavació.
- Poden lliurar el material per sobre i per sota del banc de treball.
- Tenen un contrapès petit.



INCONVENIENTS DE LA ROTOPALA

- Requereixen un manteniment ampli i complex.
- Configuren sistemes poc flexibles a causa de la seva poca mobilitat. La seva utilització es veu molt afectada pels canvis geomètrics i tectònics del jaciment.
- No poden excavar materials compactes i abrasius.
- Constitueixen sistemes en què hi ha una forta dependència entre la disponibilitat global i el nombre d'elements en sèrie que els integren.
- Són equips que requereixen unes inversions molt elevades.



DENOMINACIÓ

La denominación de las rotopalas se encuentra normalizada por medio de los siguientes parámetros (Norma DIN 22266):

- Sch = Rotopala montada sobre carriles.
- Sch R = Rotopala sobre orugas.
- s = Rotopala con la parte superior giratoria.
- J = Capacidad de cangilón (l).
- t = Altura de corte por debajo del nivel de traslación (m).
- h = Altura de corte por encima del nivel de traslación (m).
- r = Distancia de retraimiento (m).

Así pues, cualquier modelo de rotopala queda definido por:

$$\text{Sch Rs } \frac{J}{t} \text{ h r}$$

Si la propia excavadora realiza el vertido de los materiales directamente, es decir transferencia de los estériles dentro del hueco creado, la rotopala suele llevar adaptado un puente de transferencia, cuya denominación se hace mediante los parámetros siguientes:

- b = Anchura de las bandas de los brazos.
- l_1 y l_2 = Longitudes de los brazos (m).
- h = Altura de descarga sobre el nivel de orugas.

Las expresiones que se utilizan son:

$$\text{Bs } \frac{b}{l_1 + l_2} \text{ h}$$

$$\text{BRs } \frac{b}{l_1 + l_2} \text{ h}$$



TIPUS

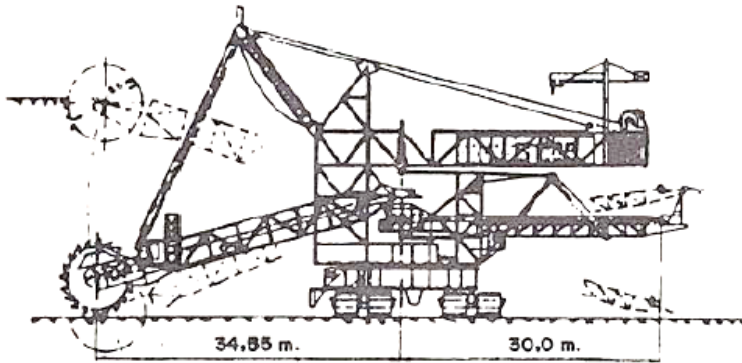
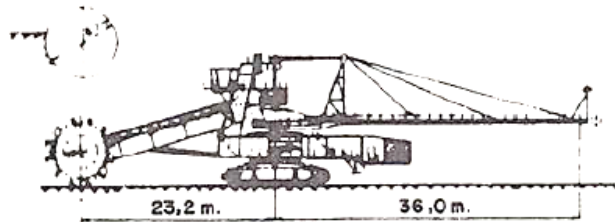
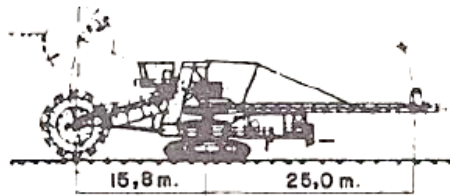


Figura 2.— Alzado de diferentes rotapalas capaces de dar una producción de 3.150 m³/h.



Compactes



Semicompactes



Convencionals



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional

TIPUS

La classificació d'aquestes rotopales es fa en funció de:

$$\frac{L}{D} \propto \frac{\text{Allargada – braç – del – rodet}}{\text{Diàmetre – del – rodet}}$$

TIPUS DE ROTOPALA	L/D
Compacta	2
Semicompacta	3
Convencional	4

La longitud del braç determina l'amplada i l'alçada del bloc a excavar, mentre que el diàmetre del rodet és el que fixa la capacitat de producció.



TIPUS: COMPACTES

Els avantatges de les excavadores compactes són:

- Menor inversió, de l'ordre d'un 20% menor que en les rotopales convencionals.
- Menor pes i major estabilitat, aconseguint major seguretat en l'operació.
- Menor temps de lliurament a partir de la comanda.

Per contra, els inconvenients que plantegen són:

- Les compactes es construeixen amb dos erugues, de manera que tenen una limitació en el pes a causa dels esforços que es transmeten al rodatge, per això la mida màxima actual sigui de 1.600 t amb una producció d'uns 7.500 m³/h.
- El menor braç del rodets es tradueix en una menor eficiència de l'operació, especialment quan es realitza arrencada selectiva.



EFICIÈNCIA

El factor d'eficiència ve definit per:

$$\eta = \frac{Q_{ef}}{\left[\frac{Q_t}{S} \right]}$$

On:

Q_{EF} és la producció efectiva;

Q_t és la producció teòrica;

S és l'esponjament.

TIPUS DE ROTOPALA	η
Compacta	0,63
Semicompacta	0,72
Convencional	0,79



CARACTERÍSTIQUES GENERALS

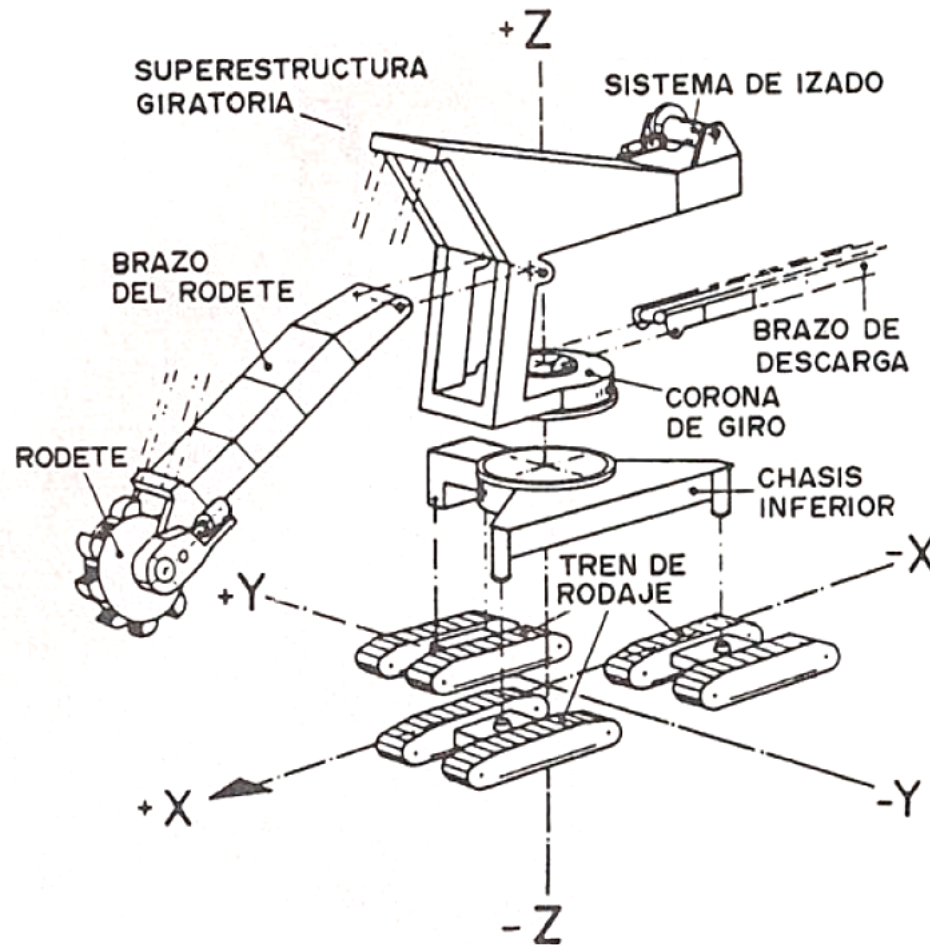


Figura 3.— Componentes principales de una rotopala.

TREN DE RODATGE

- Cal mantenir nets els carrils per permetre una bona translació i frenat.
- Els desplaçaments de la màquina es veuen molt limitats en les corbes i també ho està la capacitat per remuntar pendents.
- El sistema és poc operatiu en mines amb mal terreny i alta pluviometria, a causa de la dificultat d'aconseguir bones alineacions.



TREN DE RODATGE

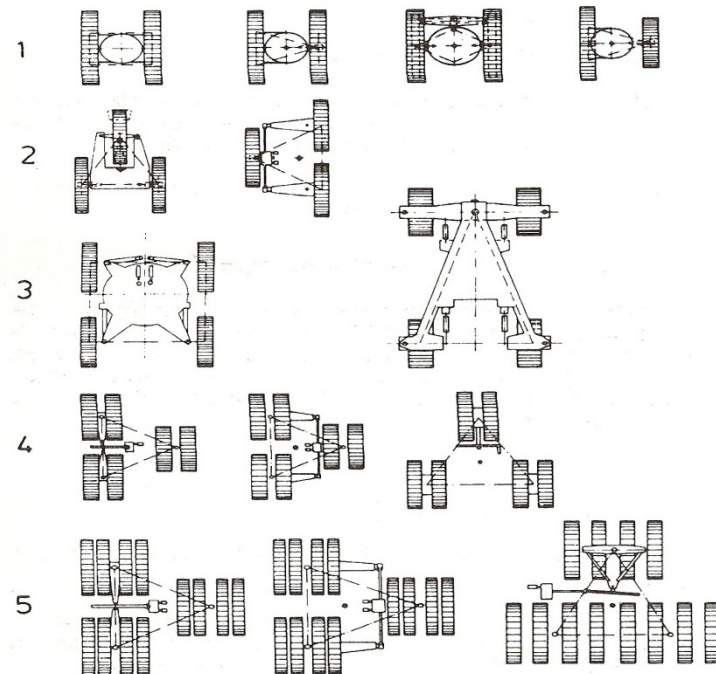
Erugues

- Ofereixen una gran maniobrabilitat i capacitat per adaptar-se a les condicions d'operació.
- Poden superar pendents importants, majors del 15%, tot i que normalment operen sobre bancs pràcticament horitzontals (<1%).
- La translació de la màquina és independent de la posició del braç del rodet.
- És possible canviar ràpidament de direcció.
- El sistema és funcional, fins i tot en les males condicions meteorològiques i baixes capacitats portants de les plataformes de treball.



TREN DE RODATGE

- De dues erugues
- De tres erugues
- Quatre erugues
- Tres erugues dobles
- Sis erugues dobles



TRENES DE RODAJE :

1. CON DOS ORUGAS
2. CON TRES ORUGAS
3. CON CUATRO ORUGAS
4. CON TRES ORUGAS DOBLES
5. CON SEIS ORUGAS DOBLES



DISSENY: BRAÇ DEL RODET

- L'amplada de bloc d'arranc, B (en m):

$$B = 1,35 L$$

L és l'allargada de la ploma (en m).

- L'alçada de banc, $H_{m\grave{a}x}$ (en m):

$$H_{m\grave{a}x} = 0,6 (L+D)$$

D és el diàmetre del rodet (en m). O també:

$$H_{m\grave{a}x} = (2,5+3)D$$

- Alçada per arranc selectiu, H_s (en m)

$$H_s = H_{m\grave{a}x} - 0,5D$$

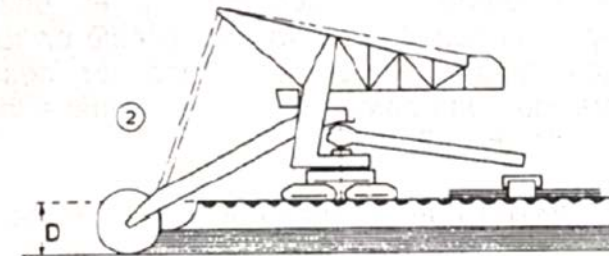
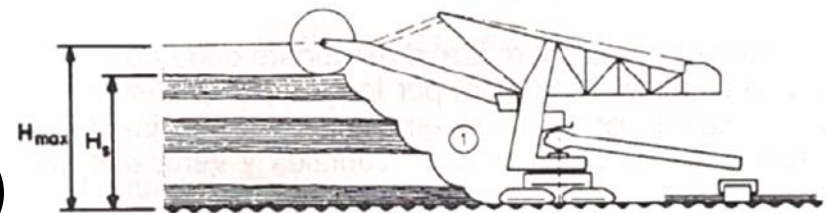


Figura 8.— Excavación selectiva.



DISSENY: BRAÇ DEL RODET

La relació L/D depèn del jaciment i de:

- L'alçada de banc.
- L'amplada de bloc d'arranc.
- Les maniobres de la rotopala en el canvi de terrassa d'extracció.
- El nombre de màquines en operació.
- Els temps improductius.
- La inversió necessària.
- La vida del projecte.



RODET

Depèn de:

- Les propietats geoestructurals dels massissos.
- Les resistències dels materials a ser excavats.
- La producció horària requerida.

Mides: 2,5 a 22 m

Producció: 200 a 19.000 m³/h



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional

VELOCITAT DE ROTACIÓ DEL RODET

Depèn de la resistència del material excavat, i de la velocitat de gir crítica o màxima:

On :
$$V_{MAX} = \sqrt{g \cdot D / 2} = 2.216\sqrt{D}$$

g és l'acceleració de la gravetat ($9,81 \text{ m/s}^2$);

D és el diàmetre del rodet (en m)

**La velocitat està entre 20-56%
de la crítica.**

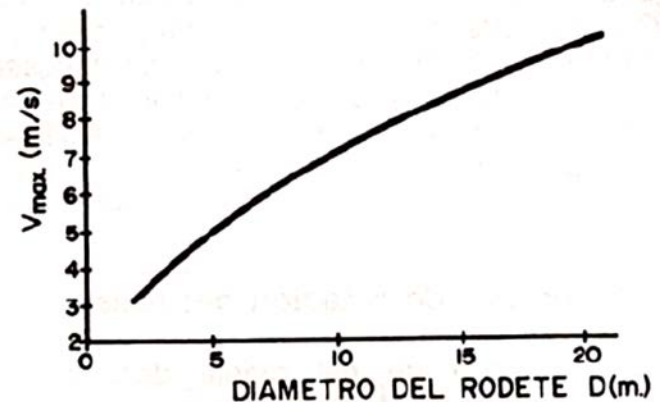


Figura 11.— Relación entre la velocidad máxima de giro del rodet e y el diámetro de éste.



ACCIONAMENT DEL RODET

- Potència d'excavació (W):

Q; producció de la rotopala (m³/h)

S; numero de descàrregues per minut

D; diàmetre del rodet (m)

K; força específica de tall (kg/cm) (taula),

C; constant que depèn de la relació alçada de terrassa/diàmetre del rodet (taula)

η; rendiment d'accionament

$$P_{ex} (W) = \frac{K}{\eta \cdot C} \sqrt{Q \cdot S \cdot D / 2}$$

ALÇADA TERRASSA/DIÀMETRE DEL RODET	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,67	0,7
VALOR "C"	295	248	222	203	189	178	171	168

- Potència d'acceleració (W):

Valor per fer passar el material al catúful.

ρ; densitat del material (kg/cm³)

Q; producció de la rotopala (m³/h)

V_c; velocitat de tall (m/s).

$$P_a (W) = \frac{\rho \cdot Q \cdot v_c^2}{3600}$$



ACCIONAMENT DEL RODET

- Potència d'elevació:

Valor per elevar el material fins que cau a la cinta.

ρ ; densitat del material (kg/cm³)

Q; producció horària (m³/h)

g; acceleració de la gravetat (m/s²)

D; diàmetre del rodet (m)

$$P_e(W) = \frac{\rho \cdot Q \cdot g \cdot \left(\frac{D}{2}\right)}{3600}$$

- Potència total:

$$P(W) = \frac{P_{ex} + P_a + P_e}{\eta}$$

$\eta = 0,9$ ó $0,95$ (degut al fregament del material i dels engranatges del mecanisme)

Tipus de material	Potència necessària (kW/Q)
Tou	0,2-0,3
Mig	0,3-0,4
Dur	0,5-0,7

Taula amb valors estimatius



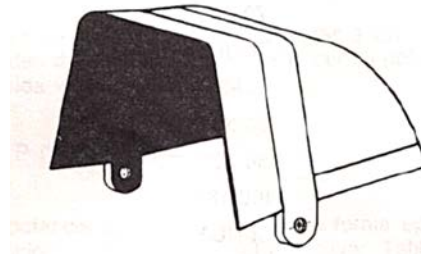
Material	Forces específiques de tall (kN/m)
Arenes	10-40
Llims	20-40
Argiles aranoses	10-50
Graves fines	20-50
Graves grosses	20-80
Llims arenosos i humits	20-60
Argiles humides	30-65
Argiles seques	50-120
Argiles esquistoses	35-120
Arenes argiloses	20-65
Pissarres argiloses	50-160
Pissarres	70-200
Arenes toves	70-160
Arenes dures	160-280
Guixos	50-130
Fosfats	80-200
Calcàreas	100-180
Granet metamòrfic	50-100
Al·luvió poc consolidat	30-60
Al·luvió mig consolidat	50-80
Crabó	50-100
Carbó gelat	100-160
Lignits	20-70
Limonita	190-210



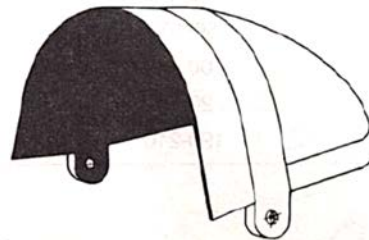
CATÚFOLS I ELEMENTS DE TALL

- Catúfols (“cangilones”)

- Trapezoidals
- Rectangulars
- Circulars



CANGILON TRAPEZOIDAL



CANGILON SEMICIRCULAR

Figura 13.— Tipos de cangilones.

- Elements de tall

- Ser fàcils de muntar i desmuntar.
- Suportar els materials abrasius
- Ser susceptibles de reparació
- Aguantar els impactes



DESCÀRREGA DE LA ROTOPALA

BRAÇ DE DESCÀRREGA

La rotopala aboca el material directament sobre el carro tremuja o en el buit creat un cop realitzada l'excavació d'un bloc, i la cinta es trasllada paral·lelament a aquest.

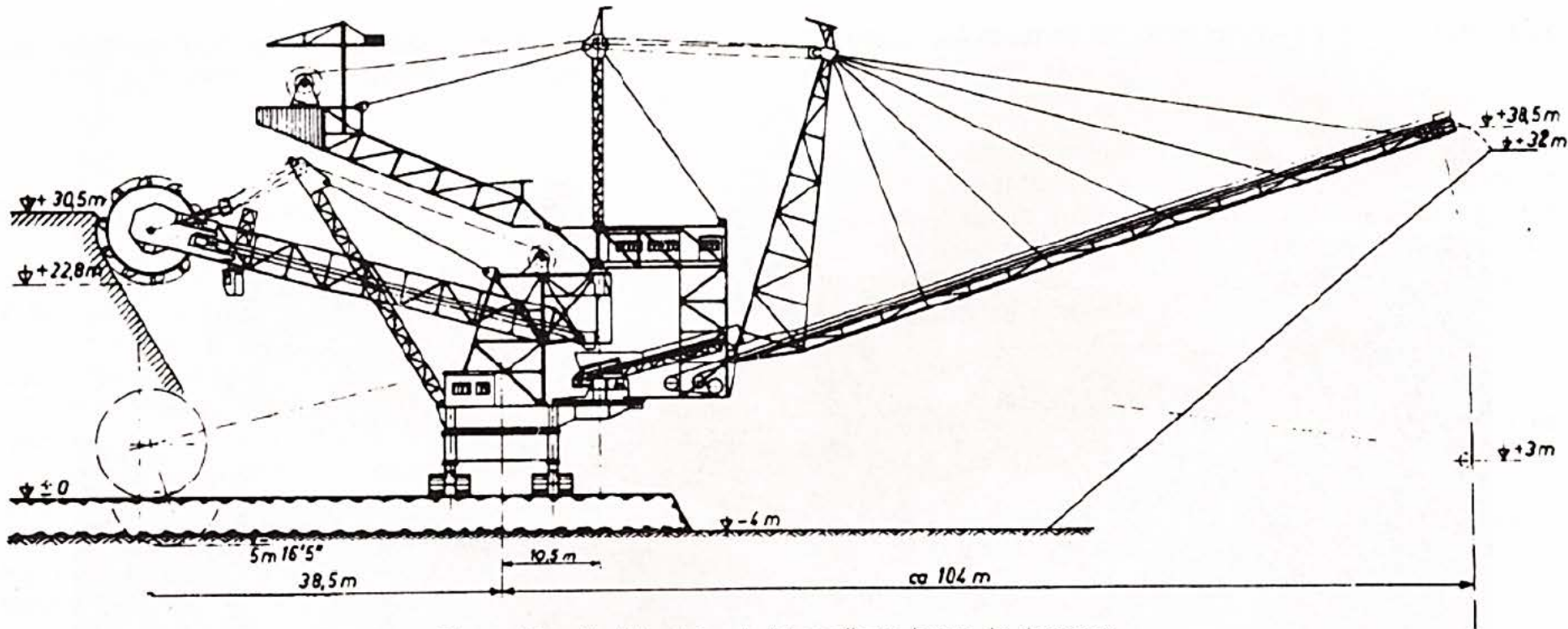


Figura 19.— Verlado del material mediante brazo de descarga.



DESCÀRREGA DE LA ROTOPALA

BRAÇ DE DESCÀRREGA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional

DESCÀRREGA DE LA ROTOPALA

BRAÇ DE DESCÀRREGA I CARRO CINTA

El carro cinta permet l'excavació per la rotopala de dos o més blocs, sense efectuar el moviment de cintes, tenint el sistema les següents avantatges:

- Reduir el nombre de moviments i per tant augmenta l'eficiència de la rotopala.
- Facilita l'obertura de bancs.
- Permet realitzar l'excavació i transport a nivells diferents.



DESCÀRREGA DE LA ROTOPALA

BRAÇ DE DESCÀRREGA I CARRO CINTA

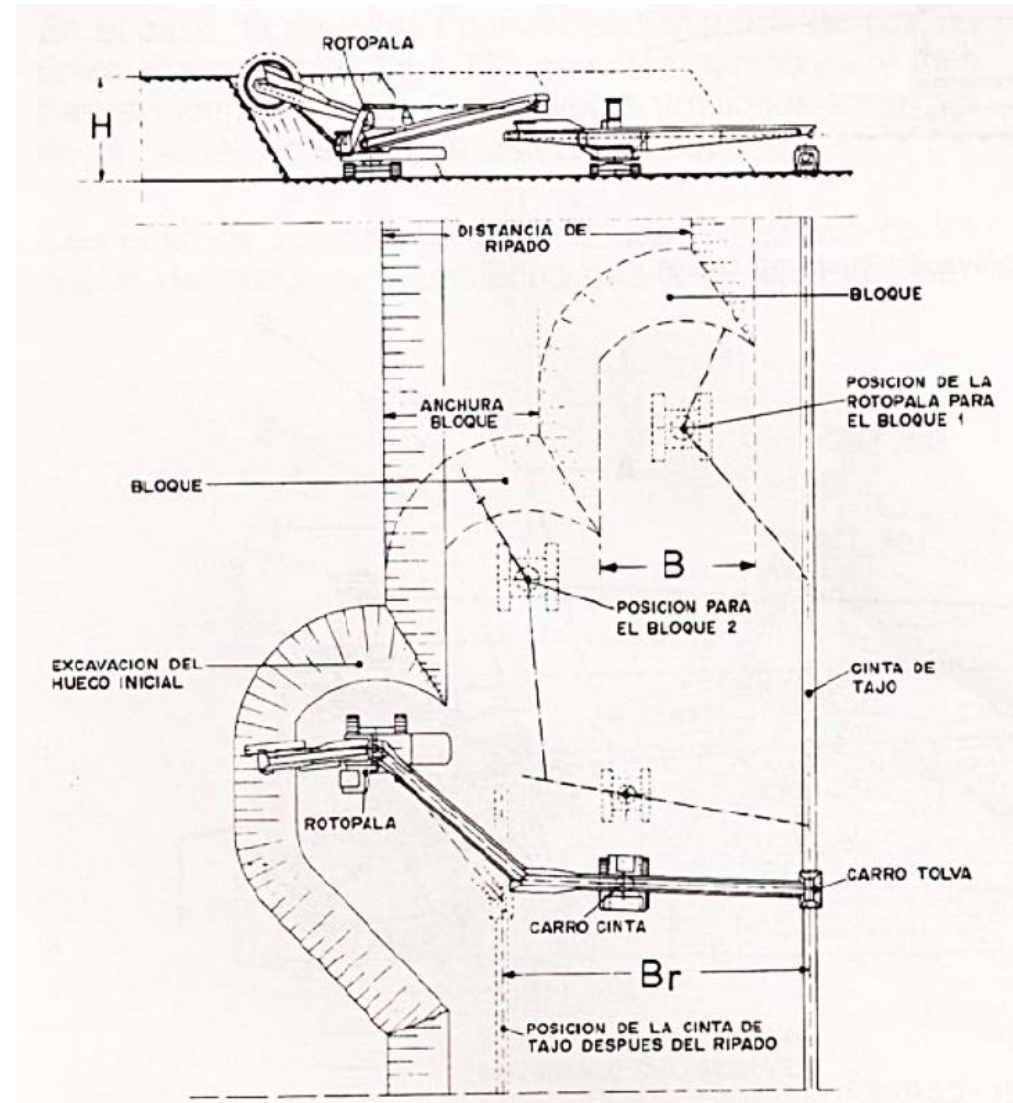


Figura 20.— Descarga mediante un carro cinta.



DESCÀRREGA DE LA ROTOPALA

PONT DE CONNEXIÓ

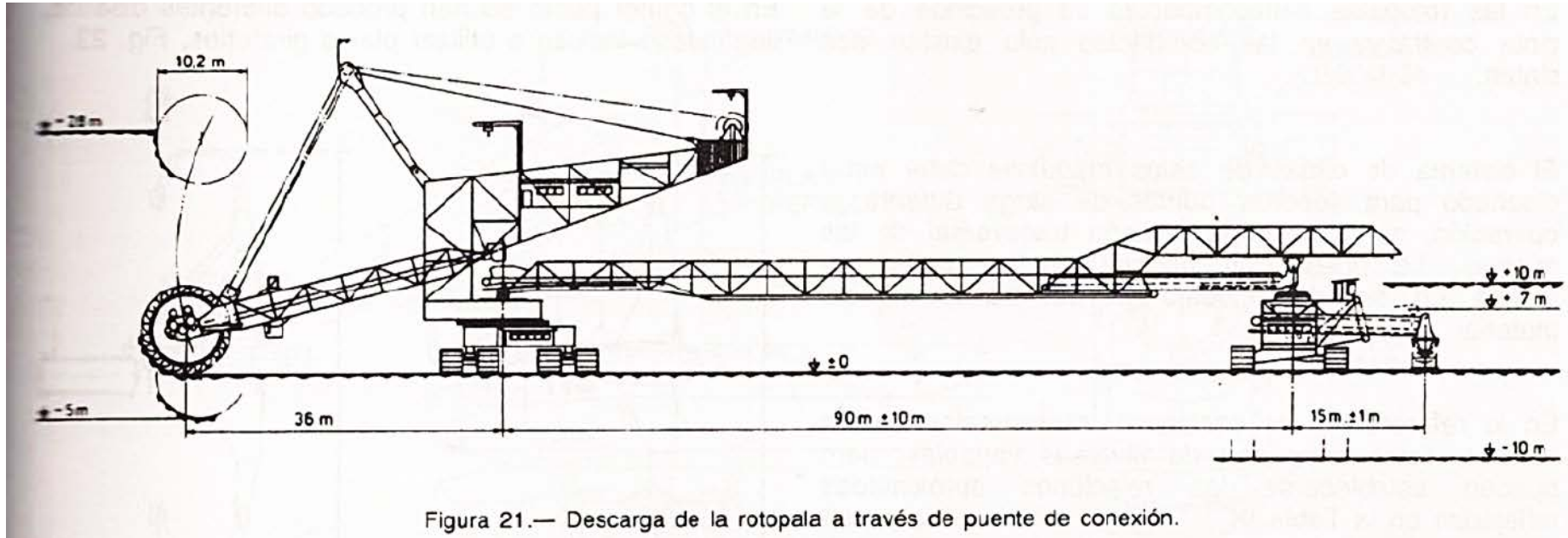
Aquest és el sistema més utilitzat en les grans unitats i ajuda a compensar les distàncies amb la rotopala i la unitat de descàrrega que recorre la cinta de banc. Té les següents característiques:

- Amb l'extensió automàtica del pont, el procés de càrrega de la cinta és més o menys independent dels moviments de l'excavadora.
- L'operador de la rotopala, situat al costat de la cinta de tall, controla fàcilment el moviment de les erugues.
- La cinta de càrrega es pot ajustar en alçada.
- La tremuja de descàrrega pot estar penjada de la cinta de càrrega, eliminant el carro tremuja.
- La cinta de banc pot situar a diferent nivell que la rotopala, facilitant l'obertura del banc.



DESCÀRREGA DE LA ROTOPALA

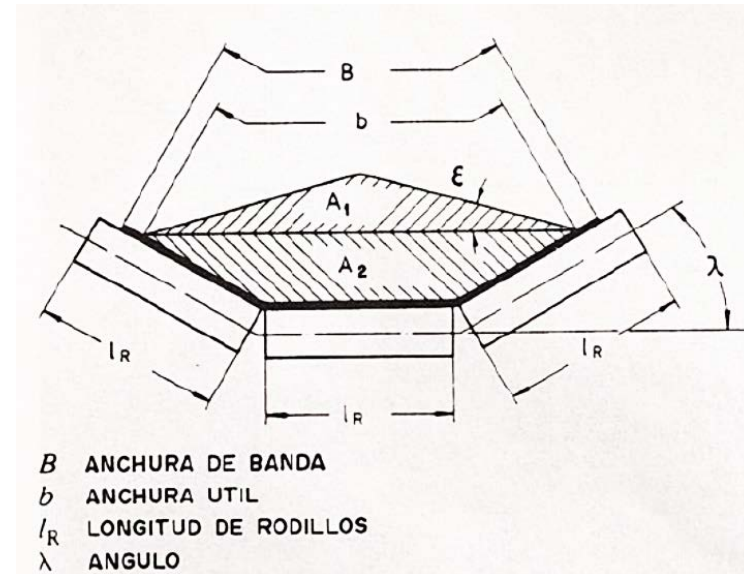
PONT DE CONNEXIÓ



CINTES A LA ROTOPALA

- La cinta del rodet.
- La cinta central que es desplaça excèntricament.
- La cinta extensible del pont.
- La cinta de càrrega.

Amplada de banda B (mm)	Amplada útil b (mm)
$B \leq 2000$	$b = 0,9B - 50$
$B \geq 2000$	$b = B - 250$

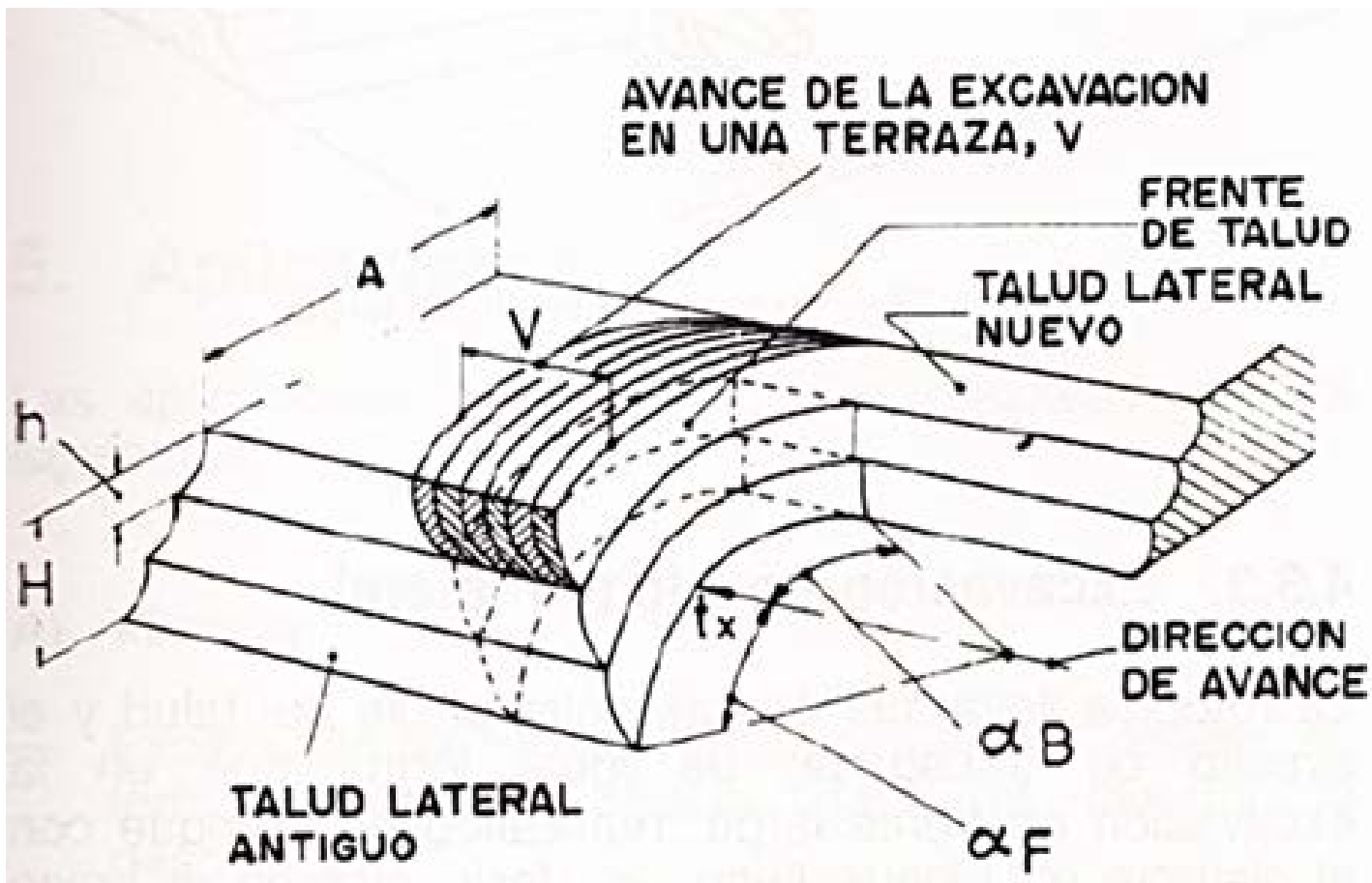


FORMA DE TREBALL DE LA ROTOPALA

- La forma d'operar d'una rotopala es basa en la combinació de dos moviments: la rotació del rodet i el gir del braç que sustenta a aquest.
- Quan la rotopala completa una passada de gruix "t" es produeix una translació de la mateixa per produir un tall concèntric amb l'anterior



FORMA DE TREBALL DE LA ROTOPALA



FORMA DE TREBALL DE LA ROTOPALA

La rotopala pot excavar de 2 formes, en terrasses i en talls descendents:

1. En l'excavació per terrasses el rodet avança un pas a cada inversió de gir del braç, fins al límit del braç o de les erugues, quan acaba, retrocedeix, baixa i torna a començar.
2. Al tall descendent el rodet baixa en cada inversió del gir del braç. Acabat el tall s'hissa el braç i es comença un nou tall.



FORMA DE TREBALL DE LA ROTOPALA

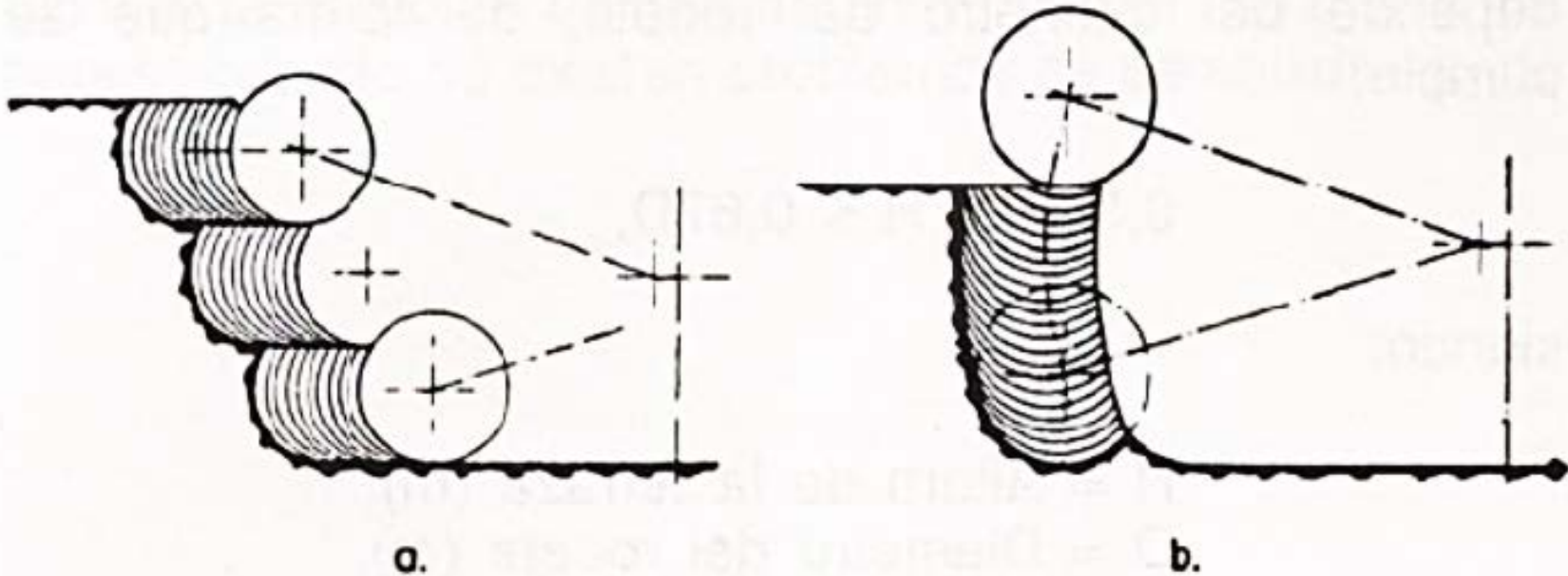


Figura 26.— Formas de excavación de las rotopalas a) en terrazas y b) en cortes descendentes.

SISTEMES DE TREBALL

- Excavació en bloc ple

És el sistema més utilitzat en l'actualitat.

La rotopala pot treballar en terrasses o per tall descendent amb un angle del braç del rodet en relació al talús que va disminuint a mesura que progressa l'excavació cap avall.

Quan es treballa amb terrasses l'altura de les mateixes ve determinada pel diàmetre del rodet de manera que es compleix:

$$0,33D \leq H \leq 0,67D$$

H alçada de la terrassa (m), i D diàmetre del rodet (m)

L'abocament es pot realitzar sobre cinta, ferrocarril, bolquet, cinta pont o apilador, sent els més freqüents el primer i l'últim sistema.



SISTEMES DE TREBALL

- Excavació en bloc ple

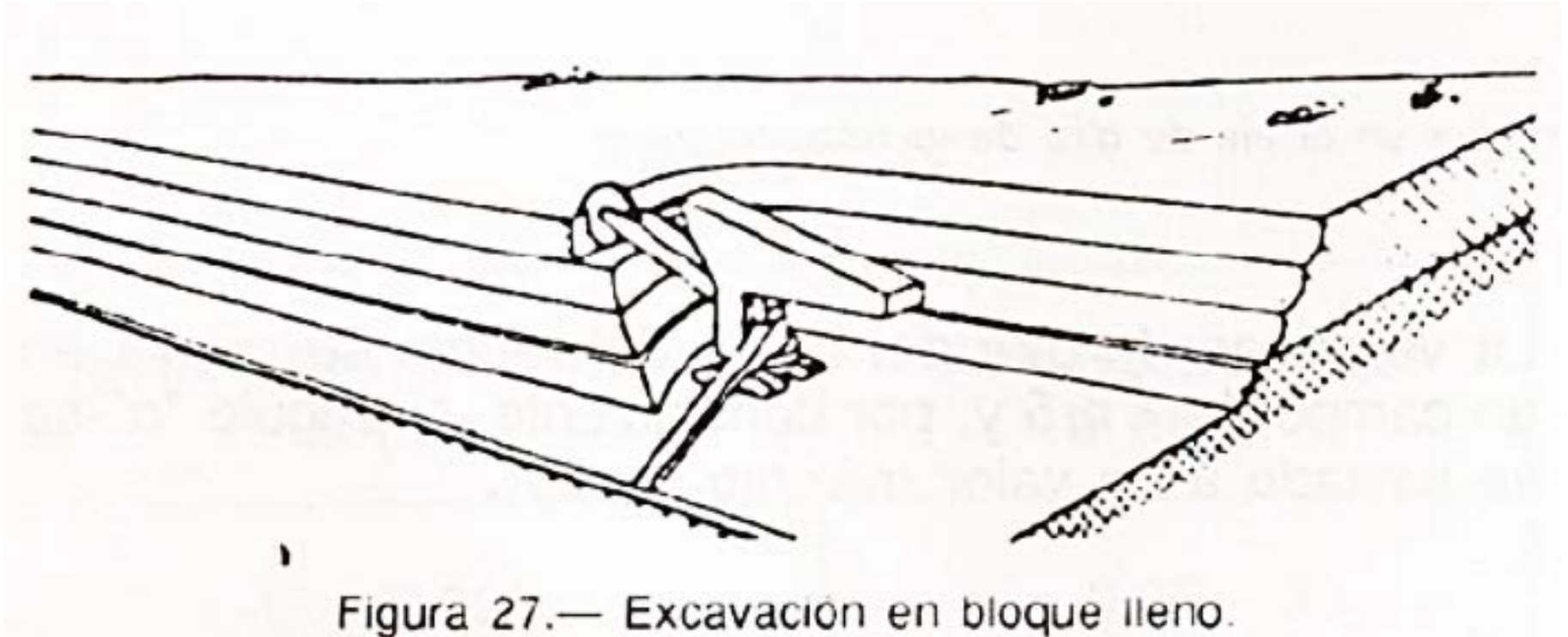


Figura 27.— Excavación en bloque lleno.

SISTEMES DE TREBALL

- Excavació en front llarg

Es realitza mantenint el braç del rodet en posició perpendicular a la direcció del circuit de transport, desplaçant la màquina paral·lelament al capdavant. En aquest sistema el tren d'erugues és el component que opera amb més intensitat pel que és freqüent que aquest tipus de màquines es desplaci sobre vies. Amb màquines de braç extensible es pot aconseguir l'excavació per terrasses pel que és possible fer la selecció del material excavat. Aquest sistema requereix una bona estabilitat dels bancs de treball.

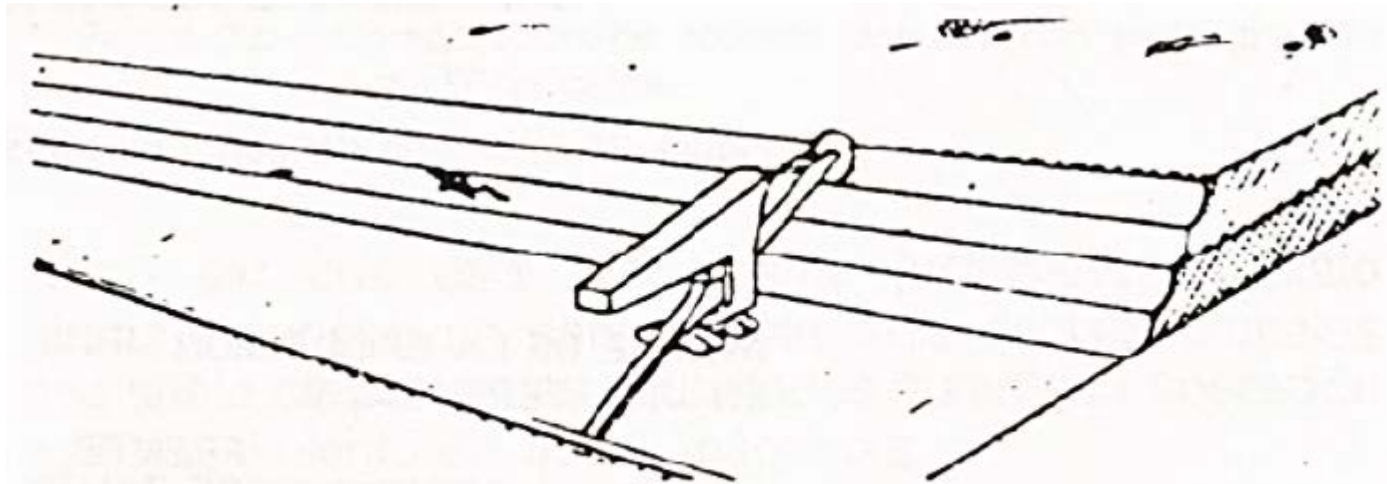
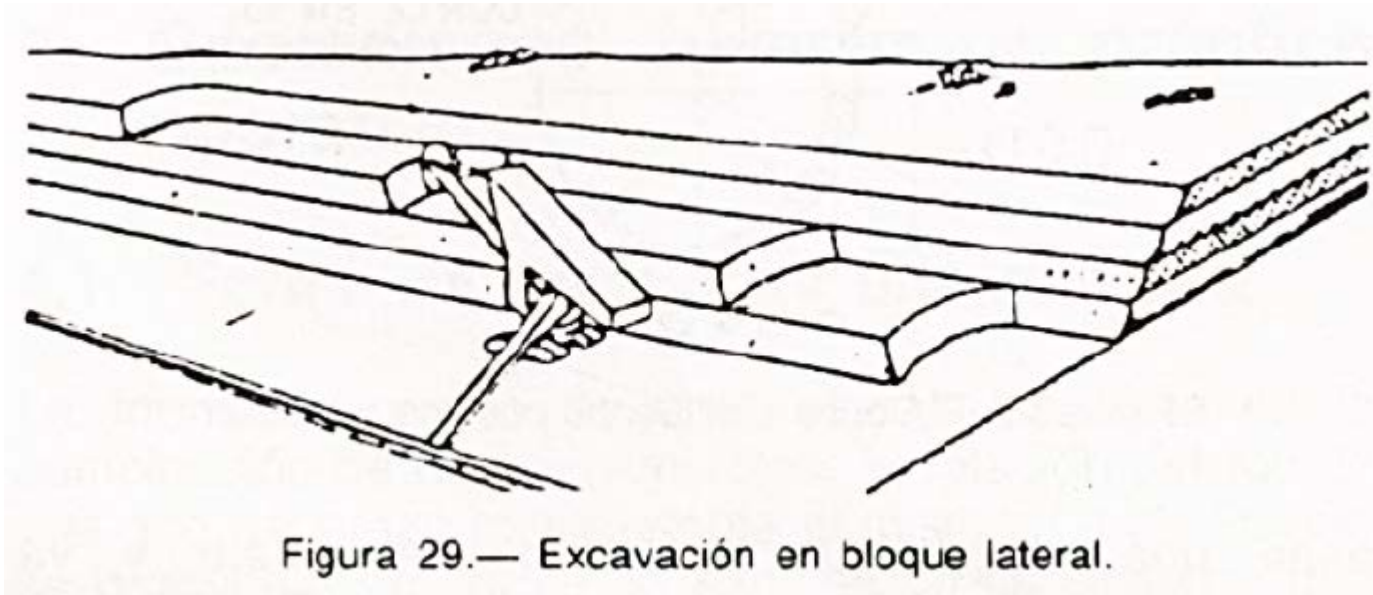


Figura 28.— Excavacion en frente largo.

SISTEMES DE TREBALL

- Excavació en bloc lateral

La rotopala porta les seves erugues entre el peu del talús i el circuit de transport, com en l'exploració de front llarg només que realitza l'arrencada amb el sistema del bloc ple. S'utilitza per a l'extracció de terres o materials superficials de poca estabilitat. És el sistema més emprat en les explotacions de carbó bituminós als Estats Units.



SISTEMES DE TREBALL

- Excavació sota el nivell d'erugues

Aquest sistema permet augmentar l'alçada de banc per una posició del tren d'erugues. L'alçada del banc inferior és menor que la que s'aconsegueix al banc superior sent la relació de 1 a 3. Aquest sistema es pot utilitzar mantenint o canviant el sentit del rodet:

- Amb el mateix sentit de gir es necessita un braç de rodet llarg i es redueix l'amplada de banc.
- Canviant i sentit de gir s'augmenten les possibilitats, existint només la limitació que s'imposa per l'angle màxim possible de la cinta de transport del braç de càrrega.

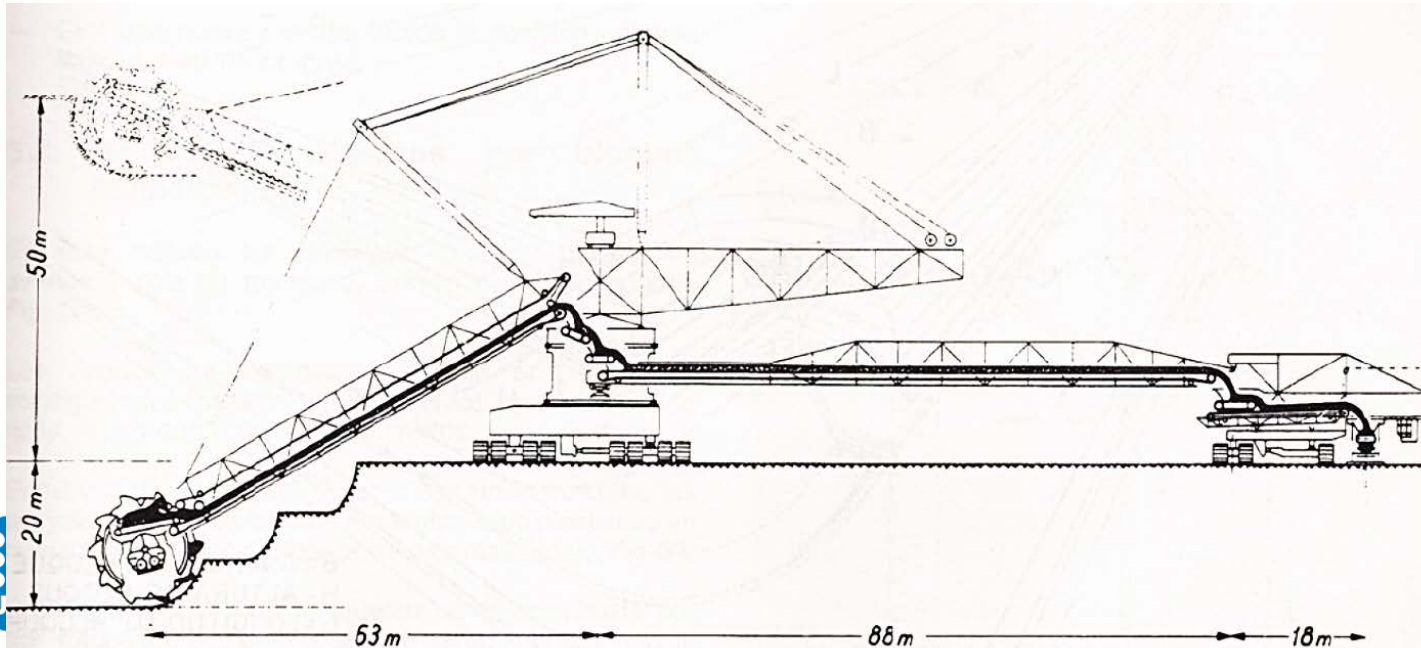


Figura 30.— Excavación bajo el nivel de orugas.

MÈTODES D'EXPLOTACIÓ AMB ROTOPALES

- MÈTODES DE TERRASSES AMB EXCAVACIÓ A GRAONS
- MÈTODE DE TERRASSES PER BLOCS PARAL·LELS
- MÈTODE DE DESCOBERTA AMB ABOCAMENT DIRECTE
- MÈTODE DE DESCOBERTA AMB CINTA PONT O APILADOR DE BRAÇ LLARG
- MÈTODE MIXT



MÈTODES DE TERRASSES AMB EXCAVACIÓ A GRAONS

Es pot augmentar l'alçada de banc si no hi ha problemes d'estabilitat.

Els procediments operatius poden ser:

- Amb dues passades al front a diferent nivell
- Amb una passada per darrere de la cinta del tall, amb la rotopala en el nivell inferior
- Amb una nova passada, des de la posició anterior, sota el nivell d'erugues



MÈTODES DE TERRASSES AMB EXCAVACIÓ A GRAONS

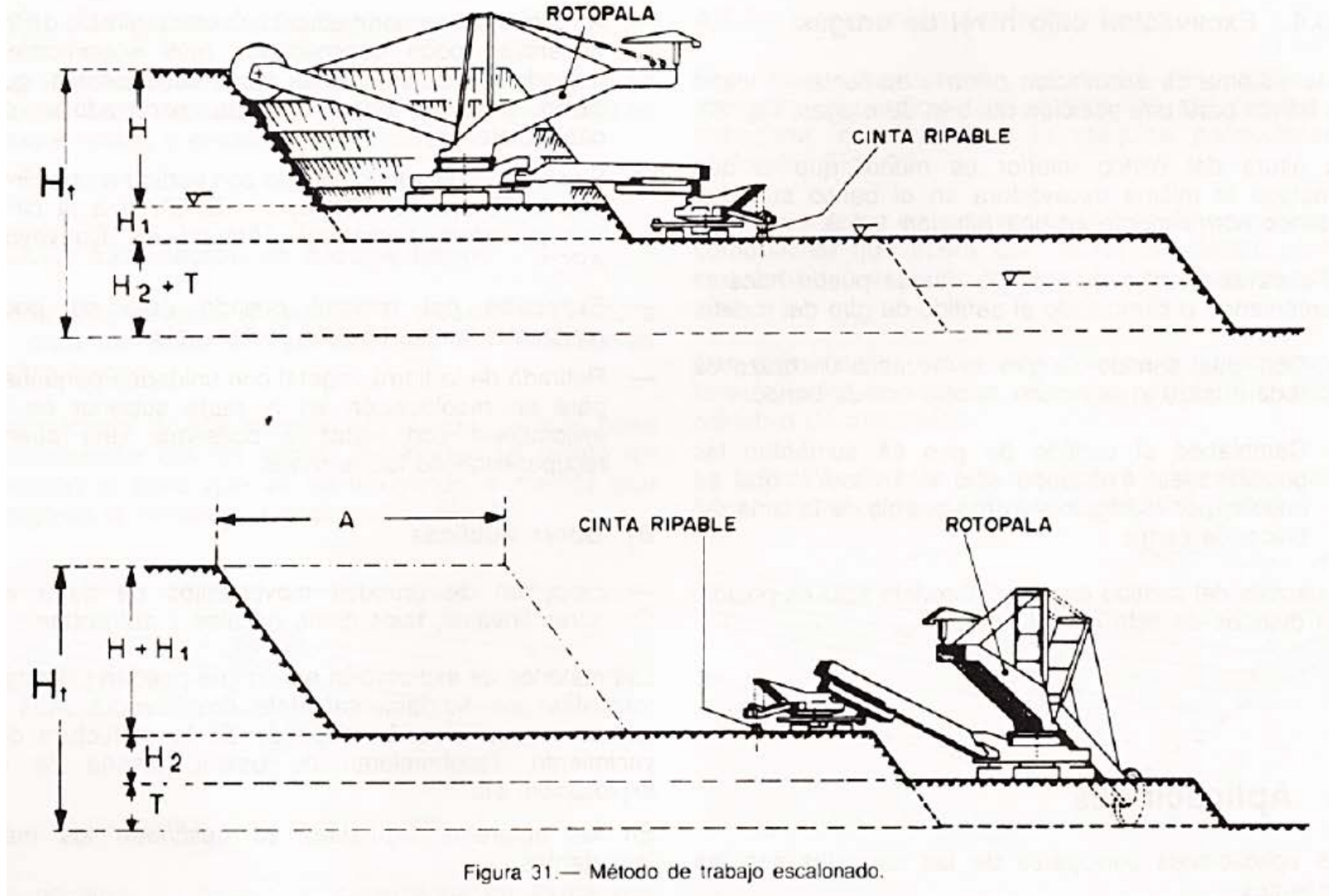


Figura 31.— Método de trabajo escalonado.



MÈTODES DE TERRASSES PER BLOCS PARAL·LELS

En aquest mètode les rotopales donen una passada en avanç i una altra en retrocés, ambdues de la mateixa amplada.

Els moviments de les cintes són paral·lels.

Una variant d'aquest sistema la formen 2 rotopales excavant diferent nivell i descarregant en el mateix sistema de transport.

D'altra banda amb una sola màquina és possible excavar diversos blocs paral·lels sense moure la cinta de tall si la rotopala disposa d'un pont de descàrrega prou llarg.



MÈTODES DE TERRASSES PER BLOCS PARAL·LELS

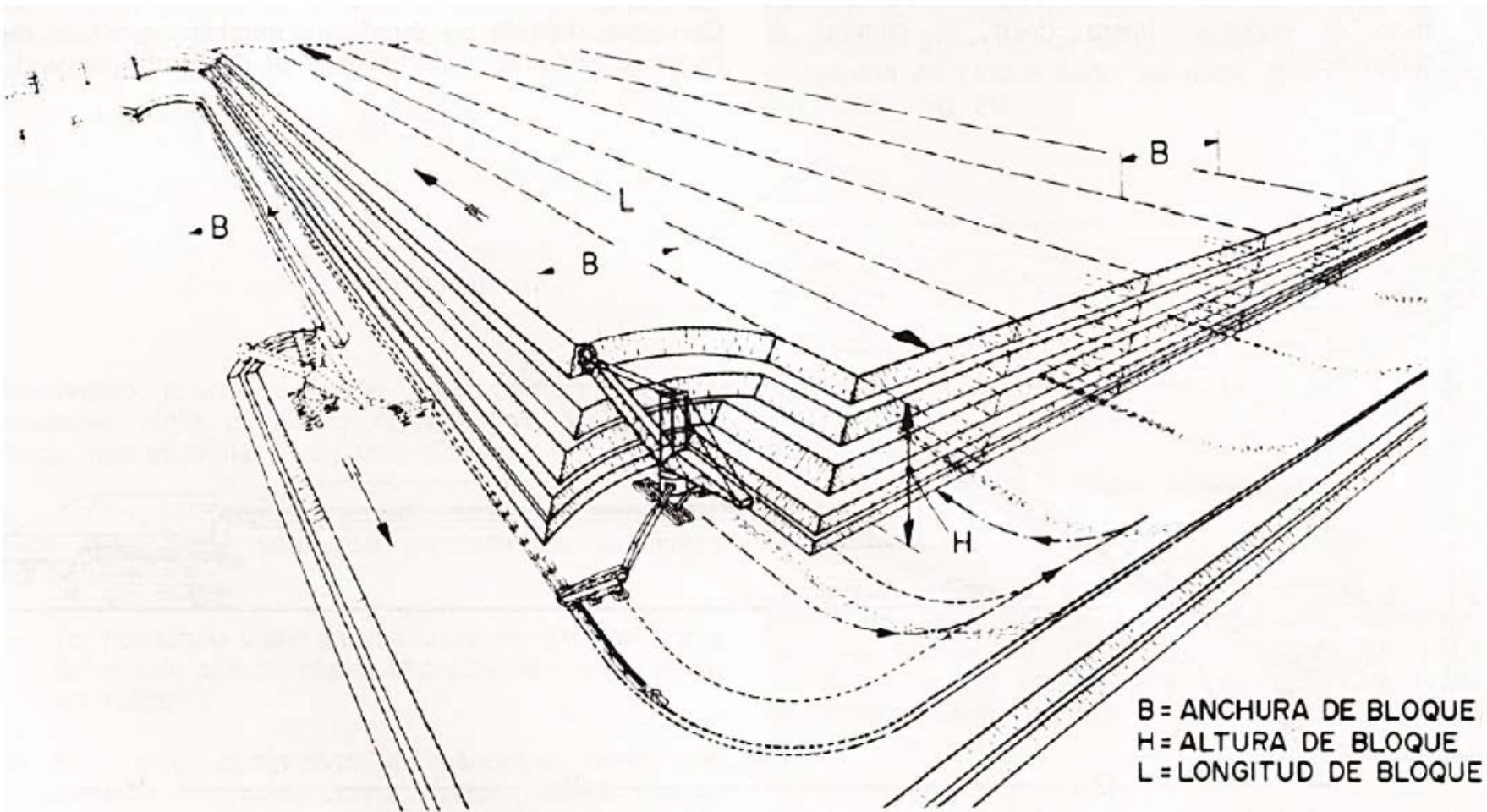


Figura 32.— Método de explotación por bloques.



MÈTODES DE TERRASSES PER BLOCS PARAL·LELS

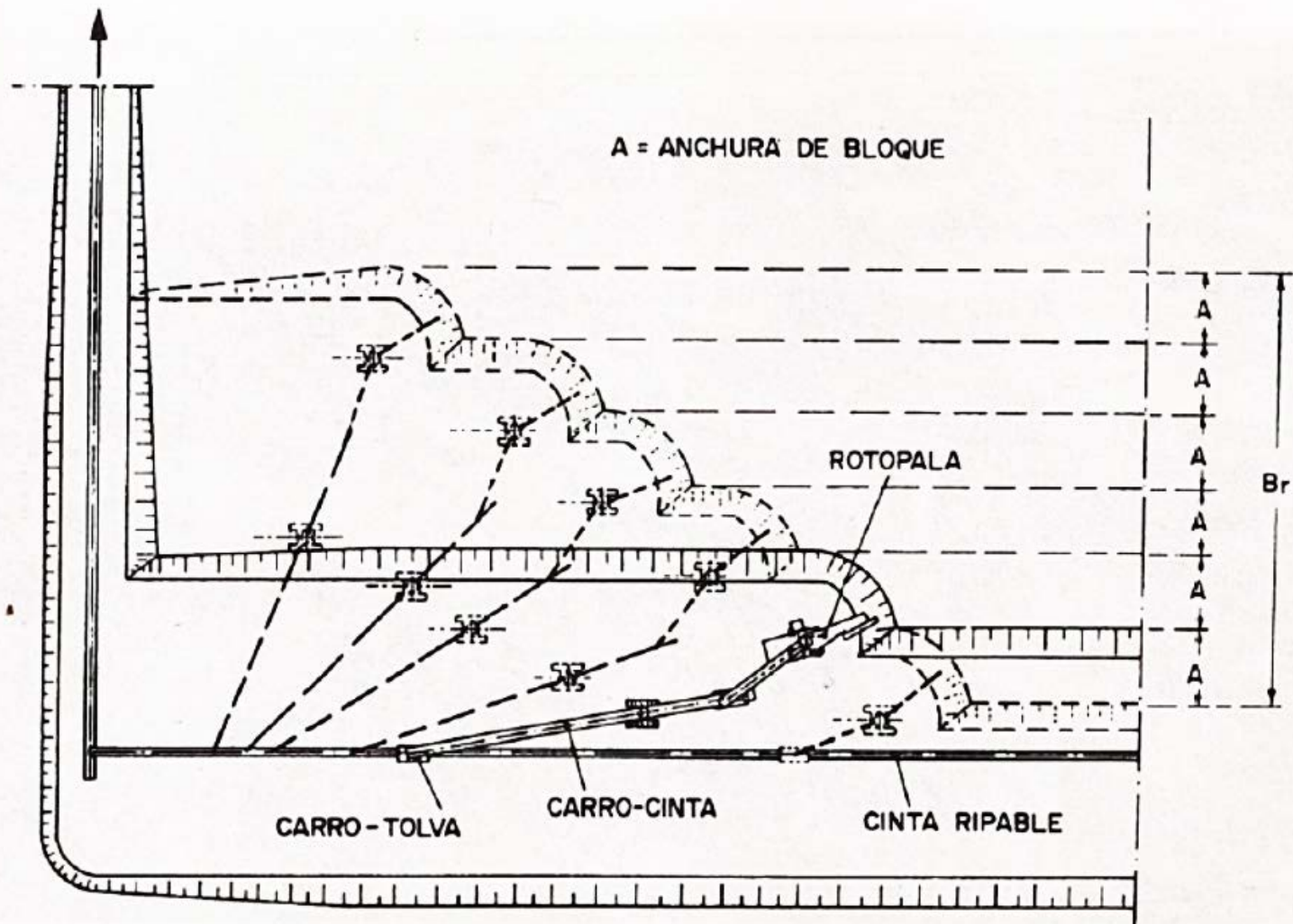


Figura 33.— Explotación por bloques paralelos con rotopala y carro cinta.

MÈTODES DE TERRASSES PER BLOCS PARAL·LELS

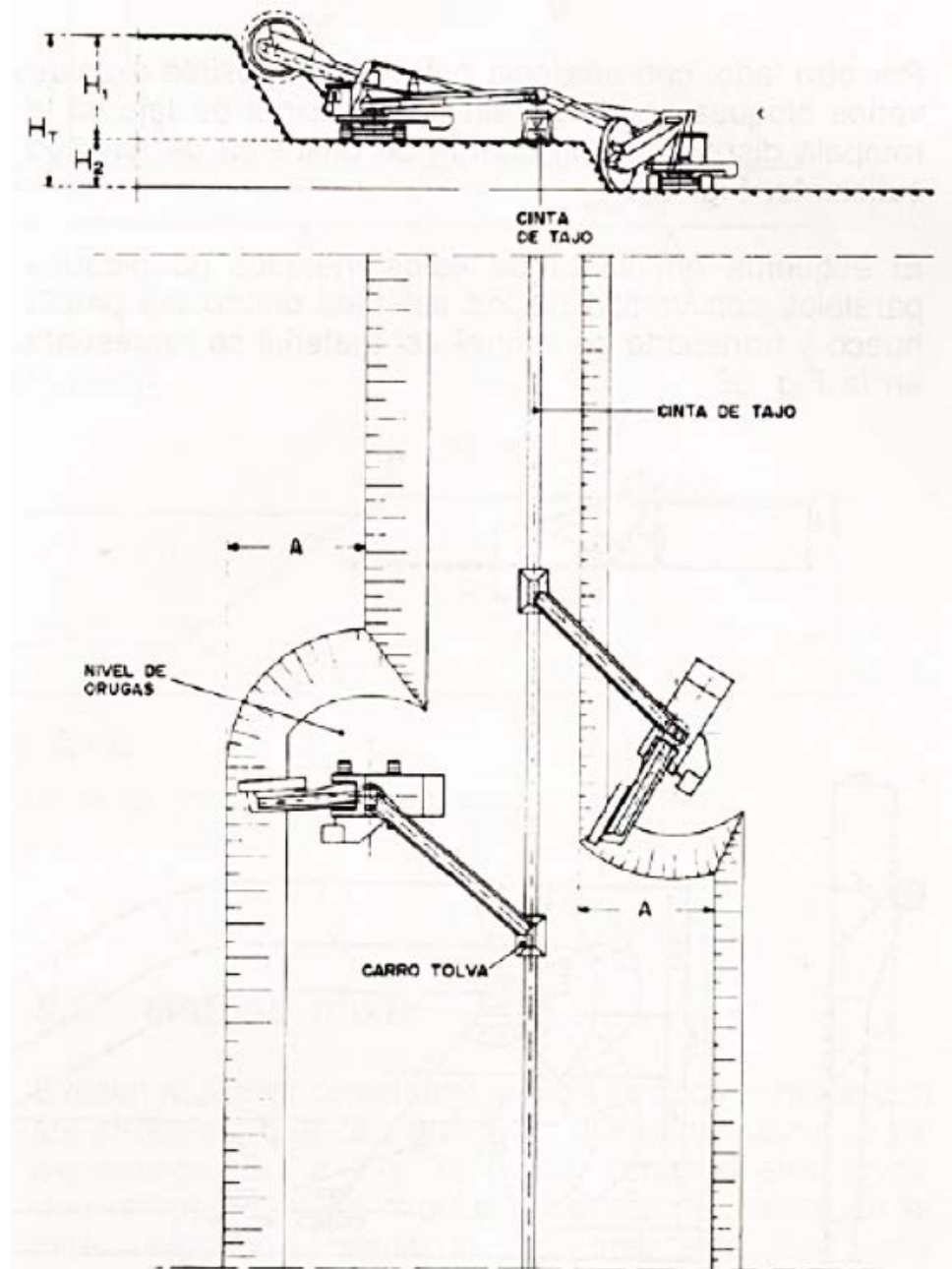
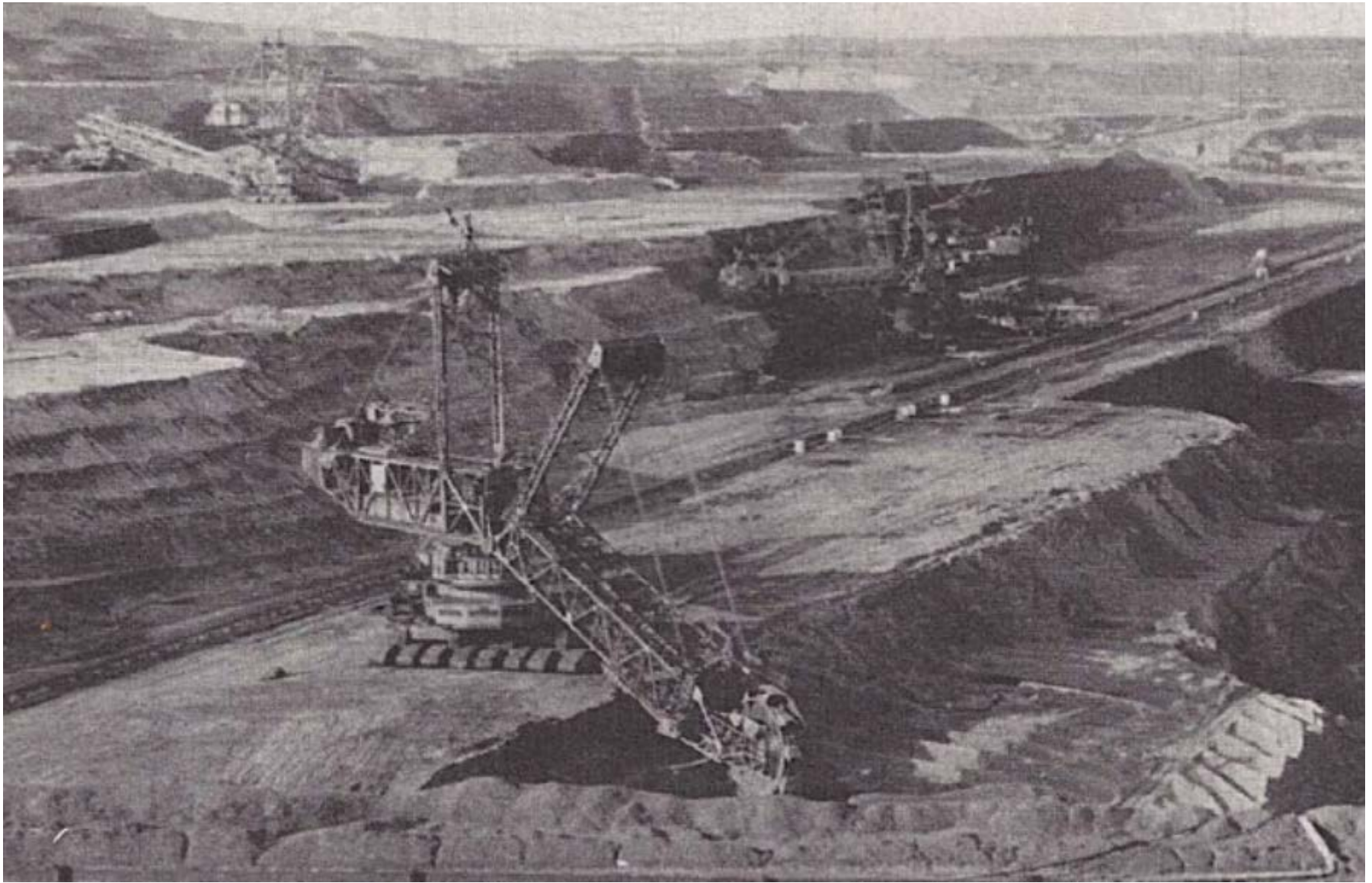


Figura 34.— Método de explotación con dos rotopalas a distinto nivel.

MÈTODES DE DESCOBERTA AMB ABOCAMENT DIRECTE

Consisteix en rotopales que disposen d'un braç de descàrrega de grans dimensions capaç de realitzar l'abocament a gran alçada i distància del front d'excavació.





**UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH**

Campus d'Excel·lència Internacional

MÈTODE DE DESCOBERTA AMB CINTA PONT O APILADOR DE BRAÇ LLARG

És similar al mètode anterior però el transport de mineral es realitza per sobre del tall d'extracció del mineral.

S'aplica quan la potència del estèril de recobriment és important i el seu abocament directe no és possible realitzar-lo amb la pròpia rotopala.



MÈTODE DE DESCOBERTA AMB CINTA PONT O APILADOR DE BRAÇ LLARG

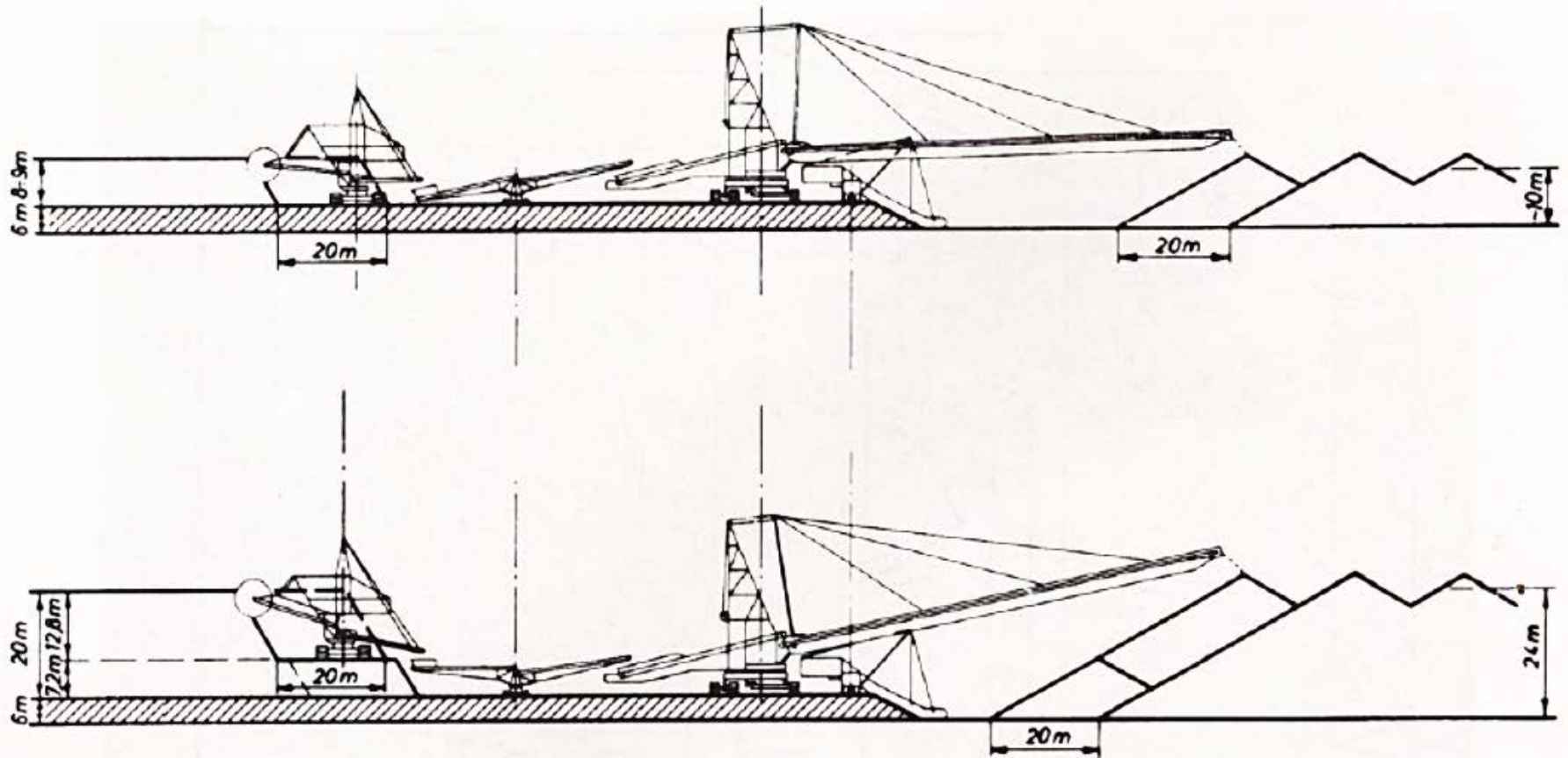
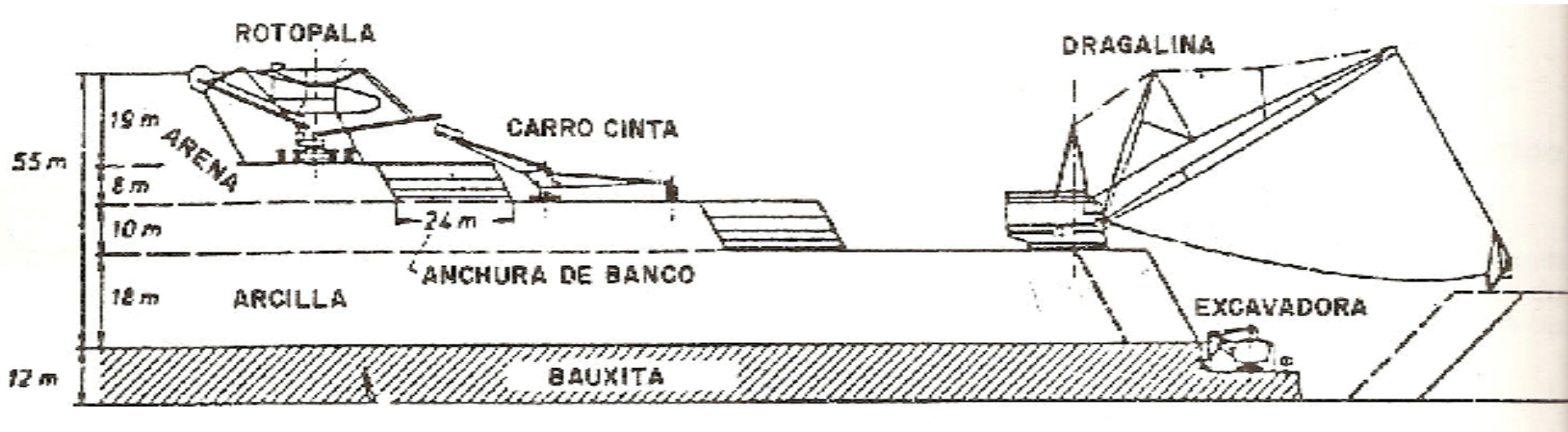


Figura 37.— Descubierta con apilador de brazo largo.



MÈTODE MIXT

Hi ha múltiples combinacions d'equips miners amb les rotopalas, que configuren els diferents sistemes d'explotació.



CONSIDERACIONS DE SELECCIÓ

- Els blocs de roca o el material gruixut no poden ser manipulats amb aquestes màquines.
- Els materials molt durs no són adequats, ja que es requereix una potència del rodet molt elevada i se sotmet a la màquina a tensions molt importants.
- Els materials enganxosos produeixen problemes de atapeïment i embussos en les culleres, a les cintes i en els nusos de transferència.
- Els materials molt abrasius produeixen un fort desgast en les puntes i dents dels cassons.
- Els fronts d'excavació han de ser estables.



CÀLCUL DE LA PRODUCCIÓ TEÒRICA

La producció real d'una rotopala és molt diferent a la producció teòrica o de disseny de la mateixa a causa dels següents factors:

- Grau d'ompliment dels catúfols.
- Parades per manteniment programat.
- Parades per avaries.
- Moviments de cintes transportadores.
- Dies no treballats, etc.

La producció teòrica de disseny, Q_t , es calcula en funció del volum anual necessari Q_a :

$$Q_t = \frac{Q_a}{\frac{\text{dies}}{\text{any}} \cdot \frac{\text{hores}}{\text{dia}} \cdot F}$$

F és el factor de camp = $E \cdot C$

E és l'eficiència de l'operació (taula X)

C són les condicions de treball (taula XI)



CÀLCUL DE LA PRODUCCIÓ TEÒRICA

TABLA X

CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO	CONDICIONES DE ORGANIZACION			
	Excelentes	Buenas	Medianas	Malas
Ligero	0,70	0,63	0,55	0,47
Medio-difícil	0,65	0,58	0,50	0,42
Difícil	0,57	0,50	0,43	0,36
Duro	0,42	0,37	0,32	0,27

TABLA XI

CONDICIONES DE TRABAJO	FACTOR C
Excelentes	0,52
Buenas	0,83
Medias	0,73
Malas	0,62



TENDÈNCIES I DESENVOLUPAMENT

A causa dels inconvenients de les rotopales, que de vegades són més grans que els avantatges, les tendències de les últimes dècades s'han destinat a solucionar aquests problemes en les màquines de mida mitjana i petita, ja que cada vegada hi ha menys jaciments on les de grans dimensions es poden utilitzar.

A causa d'això, els desenvolupaments més importants s'han realitzat en rotopales compactes i semicompactes. En aquest tipus de rotopales trobem les següents avantatges:

1. Menor inversió que amb rotopales convencionals.
2. Menor pes i major maniobrabilitat.
3. Menor temps de lliurament es tracta d'unitats estàndard.
4. Capacitat de excavació de terrenys resistents.



APLICACIONES

- Mineria:
 - Excavació del recobriment
 - Extracció del mineral quan aquest és poc consistent
 - Retirada de la coberta vegetal
- Obres públiques:
 - Execució de grans moviments de terra en obres lineals.



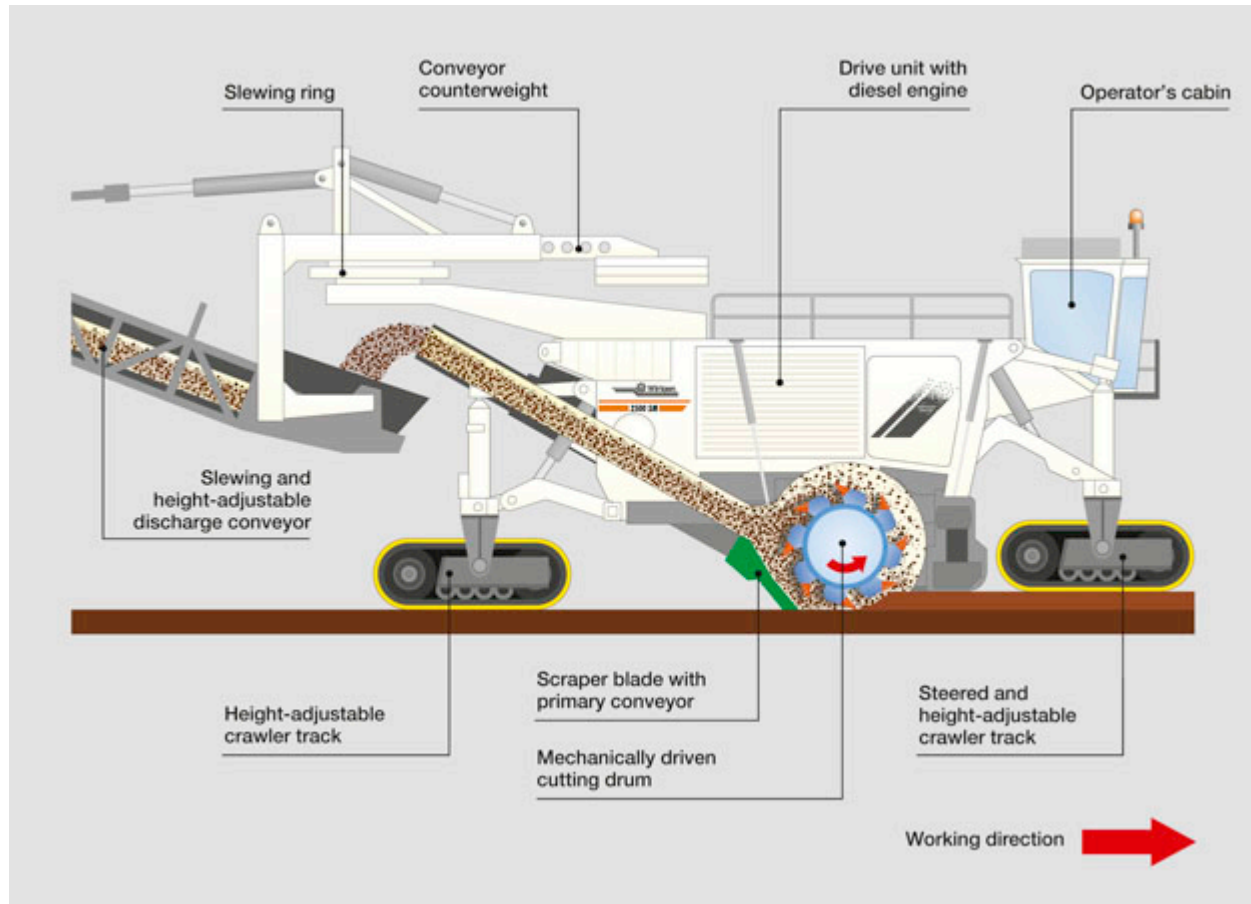
MINADORS - CONTINUOUS MINERS - ROADHEADERS



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional

MINADORS - CONTINUOUS MINERS - ROADHEADERS



MINADORS - CONTINUOUS MINERS - ROADHEADERS



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional

MINADORS - CONTINUOUS MINERS - ROADHEADERS

Els minadors continus són màquines d'arrencada **continua**, usades tant en mineria de cel obert com mineria subterrània. Les característiques bàsiques d'aquestes màquines són:

1. Possibilitat d'efectuar l'arrencada continu del mineral amb una alta selectivitat.
2. Obtenció en el propi tall d'una granulometria del material que permet prescindir en molts casos de la trituració primària.
3. Alta mobilitat de les màquines dins de les explotacions.
4. Capacitat per excavar materials durs i, per tant, eliminar l'ús d'explosius.
5. Gran flexibilitat operativa.
6. Adaptabilitat a sistemes de transport continu per cintes.
7. Disseny compacte i reduït pes en servei.
8. Costos de capital per tona produïda menors que en altres equips.
9. Aprofitament eficient de l'energia, i costos operatius baixos.



MINADORS - CONTINUOUS MINERS - ROADHEADERS

Les característiques a tenir en compte d'aquestes màquines segons els mecanismes i sistemes emprats són:

- Sistema de tall.
- La direcció d'arrencada.
- El sistema de recollida del material.
- El mecanisme de càrrega.
- El sistema de transport i abocament.
- El mecanisme de translació.



TIPUS: MINADORS HORIZONTALS

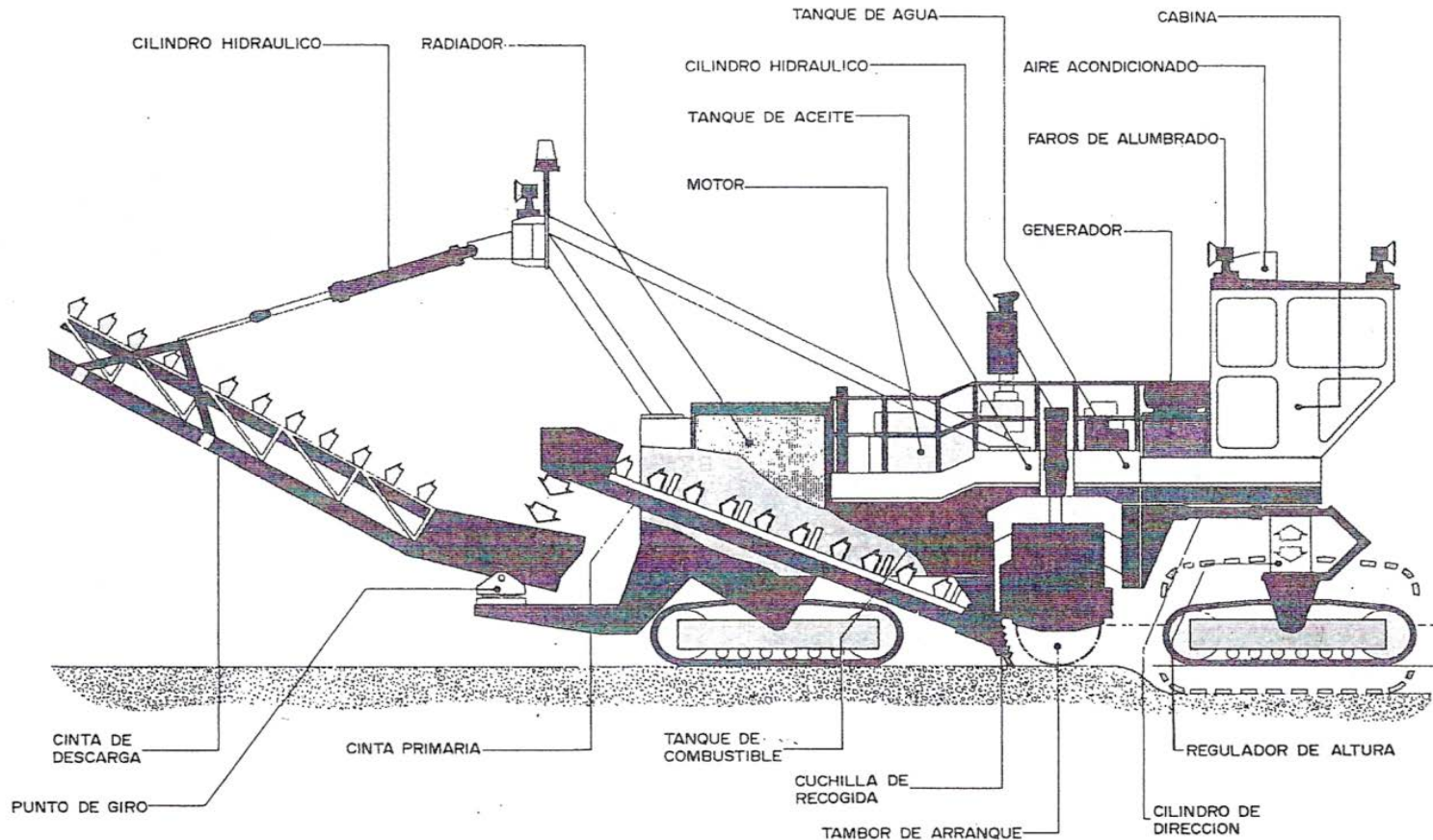
El seu origen es troba en l'obra pública, on des de fa anys s'apliquen al fresat o arrencada dels paviments d'asfalt.

Aquesta maquinària consisteix en un xassís amb tres o quatre **erugues** proveïts de **un tambor o helicoide portapicas**, amb disposició **normal a la direcció d'avanç**, que realitza l'excavació de les roques mitjançant fregat en profunditats variables i controlables que van des d'un parell de centímetres fins a més de mig metre.

Els equips inclouen dispositius de recollida i evacuació mitjançant dues cintes, generalment, una interior o primària i una altra exterior o de la descàrrega, aquesta última va col·locada a la part posterior i pot girar-se per efectuar la descàrrega lateralment, bé sobre un camió o sobre un sistema de cintes instal·lat al mateix tall.



TIPUS: MINADORS HORIZONTALS



TIPUS: MINADORS DE RODET FIX

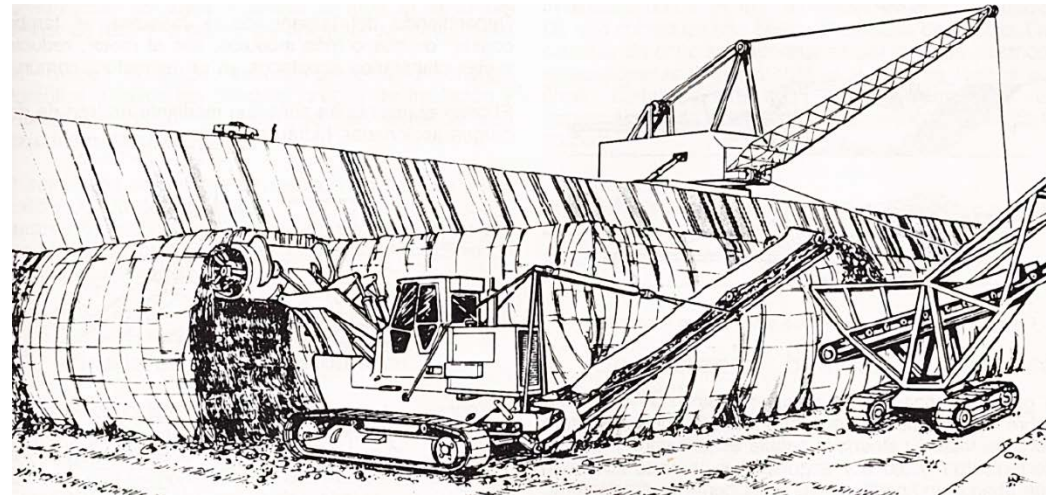
Es pot considerar una barreja entre un minador horitzontal i una rotopala. En un lateral o centralment munta un rodet d'eix horitzontal, amb catúfols distribuïts en la seva perifèria que arrenquen el material en passades successives. El sistema d'evacuació, recollida i transferència és similar al descrit en l'equip anterior, així com la seva accionament de tipus dièsel hidràulic.



TIPUS: MINADORS D'ATAC FRONTAL

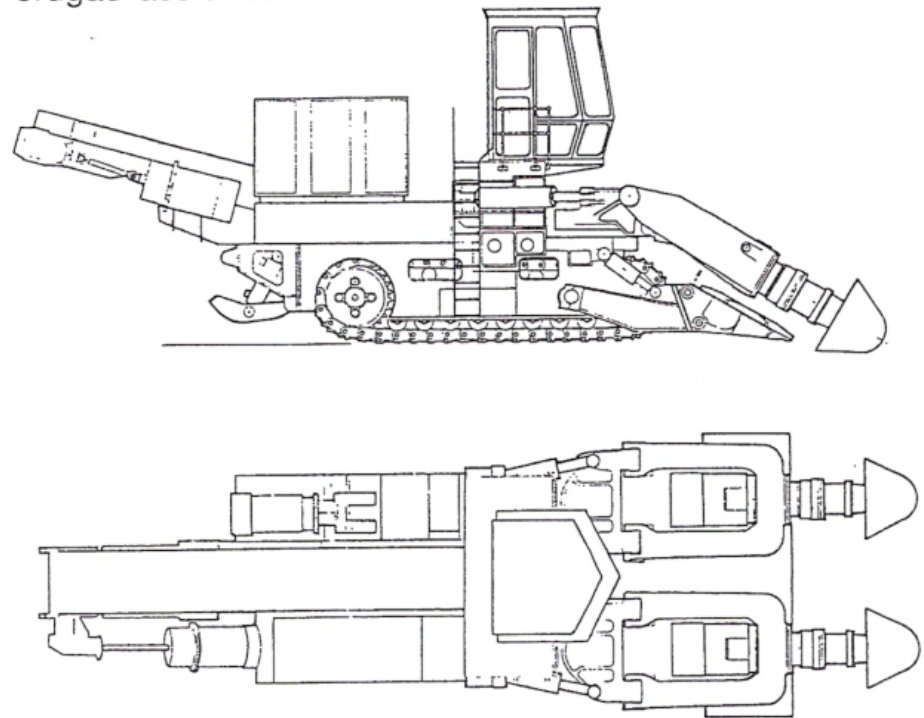
L'element d'arrencada és un tambor accionat per dos cadenes laterals que disposa d'un conjunt de piques recanviables. Aquesta cap de tall va muntada sobre un braç, semblant al de les pales carregadores governats per cilindres hidràulics i que gira al voltant d'un eix horitzontal, a més a la part inferior es troba una de les tres cintes transportadores emprades en l'evacuació de mineral.

A la part posterior munta una cinta de descàrrega que pot girar a banda i banda 70° i abocar el material a altures variables.



TIPUS: MINADORS D'ATAAC PUNTUAL O FREGADORES

Pot tenir una o més caps de tall depenent del model accionades per motors elèctrics o de gasolina i el material arrencat es recull per uns rastells giratoris que alimenten a un transportador de recletes que ho aboca per la part posterior.

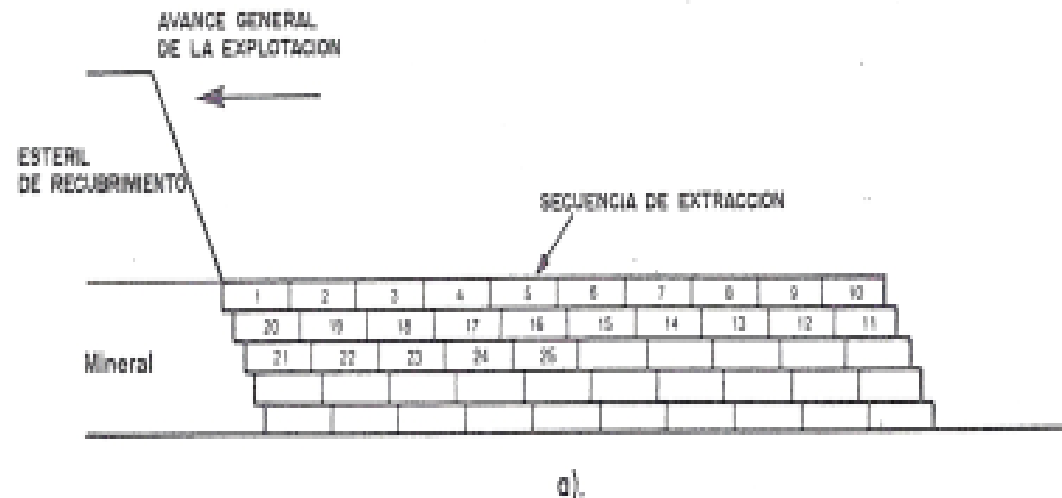


OPERACIÓ: BLOC COMPLERT

S'extreuen les capes d'un mateix nivell fins a completar la superfície del bloc.

Avantatge: disposar d'una gran àrea oberta que permet el reconeixement previ i el control de lleis d'un gran volum de material.

Inconvenient: en els casos on es realitza el rebliment del buit amb els estèrils de cobertura, genera retard el moment de l'abocament i, consegüentment, augmentar la superfície afectada i volum de l'abocador inicial.

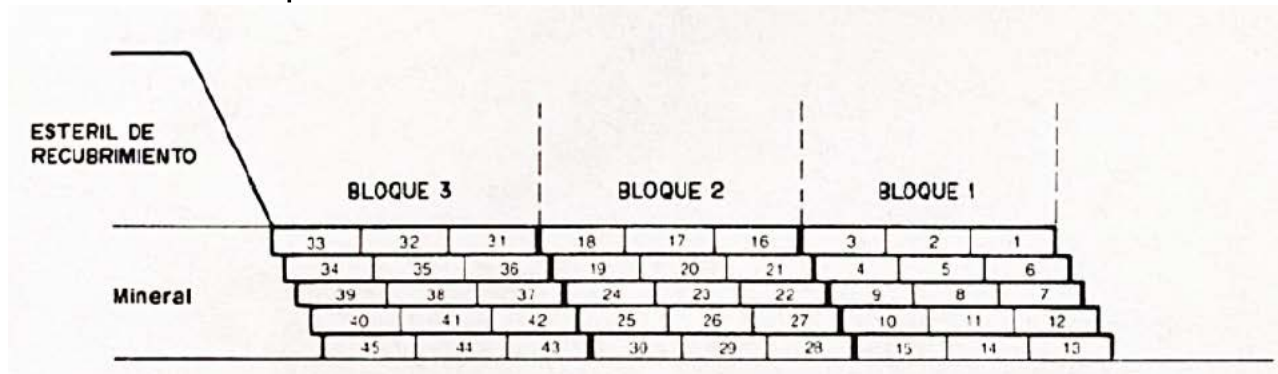


OPERACIÓ: BLOC PARCIAL

El material d'un mateix nivell s'extreu en cada bloc amb un reduït nombre de passades. Al contrari que en l'esquema anterior, les dimensions del buit cobert poden reduir de manera sensible.

Per assegurar l'estabilitat dels talussos en ambdós casos, entre passades ha un desfasament lateral en profunditat. Pel que fa als equips de transport, en aquest cas el més aconsellable són les cintes mòbils.

El gruix de les tongades s'adaptarà a la morfologia del jaciment i a les necessitats de selectivitat, podent ser d'un parell de centímetres fins a més de 50 cm.



AVANTATGES I DESAVANTATGES

- Les plantes de tractament dels minerals poden dimensionar per capacitats més petites, en ser una part de la producció directament vendible.
- El material produït està menys diluït en no barrejar-se amb estèril, i la recuperació és major que amb equips convencionals.
- La granulometria dels productes pot ser adequada per l'aprofitament immediat.
- Poden obtenir un producte de major qualitat, com a conseqüència de l'arrencada selectiva que es realitza.



MINADORS "AUGER"

- Són un sistema de recuperació de mineral que principalment s'utilitza en el carbó.
- El 1950 la producció de carbó per aquest mètode era de 0,2 Mt, en 15 anys passa a ser de 14 Mt, però després s'estabilitza.
- Els equips "Auger" ens permeten l'exploració de jaciments tabulars, més o menys horitzontals, assenyalant la frontera entre el que ja no ens és rendible econòmicament explotar a cel obert, i el que seria rendible explotar per mineria d'interior, en el cas que fos possible.



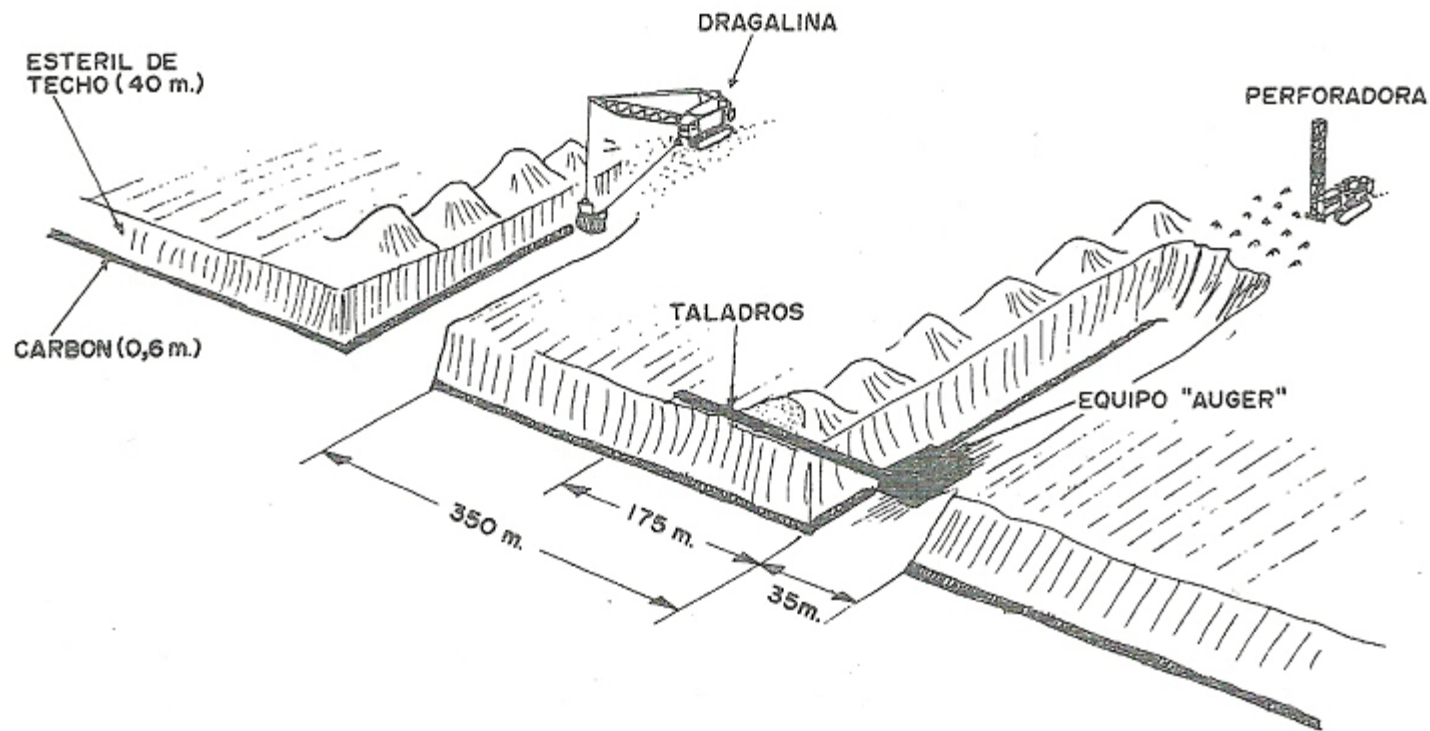
MINADORS "AUGER"



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional

MINADORS "AUGER"



BOLQUETS - MINING TRUCK



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH**

Campus d'Excel·lència Internacional

BOLQUETS - MINING TRUCK

Volvo first in the world with self-driving truck in underground mine

9/7/16 *AB Volvo*

Volvo's fully autonomous truck is the first in the world to be tested in operations deep underground in the Kristineberg Mine. The self-driving truck is part of a development project aimed at improving the transport flow and safety in the mine. The truck will cover a distance of 7 kilometres, reaching 1,320 metres underground in the narrow mine tunnels.

<https://www.youtube.com/watch?v=JwhyUyJNoY>

Autonomous Haulage System Komatsu

The Autonomous Haulage System (AHS) is a comprehensive fleet management system for mines. The autonomous dump truck, jointly developed by Komatsu Ltd., Komatsu America Corp. and Modular Mining Systems, Inc, is centrally controlled through a wireless network that integrates on-board vehicle controllers, high precision global positioning, and obstacle detection and avoidance systems. The system has full supervisory logic that utilizes complex data fusion to control the dump truck to safely operate through a load, haul and dump cycle and allow integration with other mine vehicles such as light vehicles, dozers, loaders, graders.

<https://www.youtube.com/watch?v=-Y1gkdaIMeg>



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional

BOLQUETS - MINING TRUCK



Engine

Engine Model	Cat® C175-20	
Gross Power – SAE J1995	2983 kW	4,000 hp
Net Power – SAE J1349	2828 kW	3,793 hp

Weights – Approximate

Gross Machine Operating Weight (GMW)	623 690 kg	1,375,000 lb
--------------------------------------	------------	--------------

Operating Specifications

Nominal Payload Capacity	363 tonnes	400 tons
--------------------------	------------	----------



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional

BOLQUETS - MINING TRUCK



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional

BOLQUETS ARTICULATS - ARTICULATED TRUCKS



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional

BOLQUETS - MINING TRUCK

AVANTATGES	INCONVENIENTS
Flexibilitat del sistema quant a distàncies	Complicada supervisió quan hi ha en operació moltes unitats
Capacitat d'adaptació a tot tipus de material	Complicada optimització quan hi ha en operació moltes unitats
Facilitat per variar el ritme de producció	Costos d'operació elevats, oscil·la entre 40 i 60%
Infraestructura relativament senzilla i poc costosa	Rendiments baixos quan augmenta la distància i el desnivell a superar
Possibilitat de contractació de la flota	Mà d'obra especialitzada en operació i manteniment
Models que permeten adaptar-se bé a l'operació	
Inversió inicial menor que altres de transport	



TIPUS DE BOLQUETS

Segons el disseny i el modus operatiu en:

- Bolquets (convencionals, amb tractor remolc i articulats).
- Camions de descàrrega lateral.
- Camions de descàrrega pels fons.
- Unitats especials



BOLQUETS CONVENCIONALS

És el tipus de camió extravial més usat en el moviment de terres i, fonamentalment en la mineria a cel obert. Les característiques bàsiques més importants d'aquestes unitats són:

1. Relació entre la càrrega útil i el pes net d'aproximadament 1,45 t/t.
2. La potència mitjana en cavalls per tona de capacitat de l'ordre de 10,5.
3. L'alçada mitjana de càrrega oscil·la entre 3 i 5,5 m.
4. En els bolquets de dos eixos, l'eix davanter suporta aproximadament el 47% del pes net de la unitat i el 32% del pes total carregat, mentre que l'eix de darrera ho fa amb el 53% i el 68% dels pesos respectivament.
5. Els radis de gir mínims oscil·len entre 1, 1 i 1,2 vegades la longitud total dels bolquets.
6. Les capacitats varien des de les 30 fins la 320 t, disposant de sistemes de transmissió mecànics i elèctrics.



BOLQUETS AMB TRACTOR REMOLC

Aquests bolquets es construeixen amb una unitat tractora d'un o dos eixos, amb un enganxament tipus jou que oscil·la en els quatre sentits. Són unitats que tenen molt bona maniobrabilitat. Podent girar 90° en qualsevol direcció i amb un radi de gir molt petit.

Les característiques bàsiques d'aquests equips són:

1. Menor relació potència / pes.
2. Menor inversió inicial.
3. Menor consum específic de combustible
4. Es disposa d'un major nombre de pneumàtics i el pes de la càrrega del vehicle pot distribuir millor, donant lloc a una major durada.
5. Són més adequats que els bolquets convencionals per transportar a llargues distàncies.



BOLQUETS ARTICULATS

Un tipus de bolquets molt estès, a partir de la dècada dels 70, en les obres i mines de materials molt tous, que es caracteritzen per:

1. Tracció a totes les rodes
2. Disseny dels eixos motrius de manera que s'assegura el contacte de totes les rodes sobre el terreny, transmetent molt pocs esforços al xassís davanter i posterior.
3. Per aconseguir igual càrrega per eix i aconseguir un contacte dels pneumàtics amb el terra, en qualsevol estat de la pista.
4. Articulació que proporciona una gran maniobrabilitat amb petits radis de gir.
5. Alçada de càrrega menor que en els bolquets convencionals per la mateixa capacitat.
6. Construcció d'unitats de dos i tres eixos. Els bolquets amb dos eixos presenten major simplicitat, mentre que els de tres eixos tenen menys amplada, suporten un major pes sobre l'eix posterior, disminuint la transmissió d'esforços sobre l'articulació. En el cas de tres eixos les rodes motrius són les davanteres i les centrals.



CAMIONS DE DESCÀRREGA LATERAL

Aquestes unitats són també remolcades. El basculament es realitza mitjançant un sistema de gats hidràulics allotjats sota de la caixa, entre els travessers del bastidor.



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional

CAMIONS DE DESCÀRREGA PEL FONTS

La descàrrega s'efectua mitjançant gats hidràulics, accionant l'obertura mitjançant un dispositiu de pestell.

Les característiques bàsiques d'aquestes unides de són:

1. Relació càrrega útil a pes net aproximadament 1,7.
2. Potència mitjana en cavalls per tona de l'ordre de 8.
3. Alçada mitjana de càrrega entre 3 i 5 m.
4. Capacitats de transport entre 70 i 180 t.



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional

APLICACIONS

BOLQUETS CONVENCIONALS	BOLQUETS ARTICULATS
Material a transportar ha de ser gruixut i granulometria variable	Es precisa gran maniobrabilitat
Impactes durant la càrrega	Les pistes transport en mal estat
Remuntar forts pendents	Bons en condicions meteorològiques molt adverses
En àrees poc àmplies gran maniobrabilitat i rapidesa col·locació	Per dos eixos pistes de materials durs
Selectivitat en el transport de materials	Per a tres eixos pistes toves i materials de tipus mitjà.
BOLQUETS AMB TRACTOR REMOLC	CAMIONS DESCARREGA PEL FONS
Gran maniobrabilitat	Material fragmentat, poc abrasiu i flueix fàcil
Pistes horitzontals poc pendent	Pendents no excedeixen de 3 al 5%
Longitud transport són grans	Distàncies transport van de mitjanes a grans
Motor tèrmic igual a altres equips.	Descàrrega es realitza sobre la marxa.



CABINA



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH**

Campus d'Excel·lència Internacional

BOLQUETS ELÈCTRICS - TRUCKS ELECTRIC-DRIVE



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH**

Campus d'Excel·lència Internacional

BOLQUETS ELÈCTRICS - TRUCKS ELECTRIC-DRIVE

El sistema de transport amb bolquets assistits per catenària consisteix a captar l'energia elèctrica d'una xarxa exterior per a l'accionament dels motors de propulsió d'aquestes unitats. L'equip bàsic està constituït per dos elements: el sistema de distribució d'energia elèctrica i l'equip col·lector sobre el bolquet.



BOLQUETS ELÈCTRICS - TRUCKS ELECTRIC-DRIVE

1. Estalvi de combustible
2. Increment productivitat
3. Major capacitat de profundització de les explotacions
4. Menor motors dièsel per mantenir
5. Augment de costos de manteniment per més especialistes
6. Planificació més acurada, manca flexibilitat
7. Adaptació de la catenària amb precisió
8. Motor del bolquet amb suficients revolucions per continuar el recorregut si la catenària falla un moment
9. Pistes bé preparades perquè les variacions d'alçada no siguin superiors a 0,5 m



CINTES TRANSPORTADORES - CONVEYORS BELTS MINING



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional

CINTES TRANSPORTADORES - CONVEYORS

BELTS MINING



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH**

Campus d'Excel·lència Internacional

CINTES TRANSPORTADORES - CONVEYORS

BELTS MINING

Una cinta transportadora és un sistema de transport continu format bàsicament per una banda que es mou entre dos tambors. Realitza les operacions de transport i descàrrega.



CINTES TRANSPORTADORES - CONVEYORS

BELTS MINING

AVANTATGES

1. El seu cost d'operació i manteniment és menor respecte dels camions, i requereix menys mà d'obra menor i menys especialitzada.
2. Les cintes tenen major eficiència energètica, de l'ordre del 75% enfront del 45% dels camions. Aquesta diferència s'accentua encara més en augmentar el desnivell en el perfil de transport.
3. La capacitat de transport d'una cinta és independent de la distància.
4. La cinta transportadora permet reduir les longituds de transport, una inclinació mitjana és del 33% per a les cintes, i els camions no superen el 10%.
5. A més, en suprimir rampes de transport, els talussos poden augmentar el seu angle, millorant la rendibilitat del projecte miner.



CINTES TRANSPORTADORES - CONVEYORS

BELTS MINING

AVANTATGES

6. El cost de construcció i manteniment de les pistes disminueix per la seva menor ample, longitud i intensitat de circulació.
7. La vida operativa de les cintes és més gran que la dels camions.
8. Les condicions ambientals són millors per la menor emissió de sorolls i pols.
9. Com que el procés productiu pot ser racionalitzat i automatitzat, facilita la seva supervisió.
10. El sistema de transport per cinta és vàlid considerant petites capacitats (300 t/h) fins a grans nivells de producció (sobre les 25.000 t/h).





**UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH**

Campus d'Excel·lència Internacional

TIPUS DE CINTES TRANSPORTADORES

Cintes fixes o estacionàries

Són les cintes transportadores més utilitzat dins de les explotacions i fins i tot en les plantes de tractament, etc.



TIPUS DE CINTES TRANSPORTADORES

Cintes ripables o semimòbils

Permeten desplaçaments freqüents mitjançant equips auxiliars, de manera que des de cada posició s'explota un bloc o mòdul de estèril o mineral.

S'empren molt en mines de lignit i cada vegada amb major freqüència en explotacions on s'implanta el sistema de trituració interior i transport amb cintes. Els mètodes de càlcul i dimensionat són comuns amb les cintes convencionals.



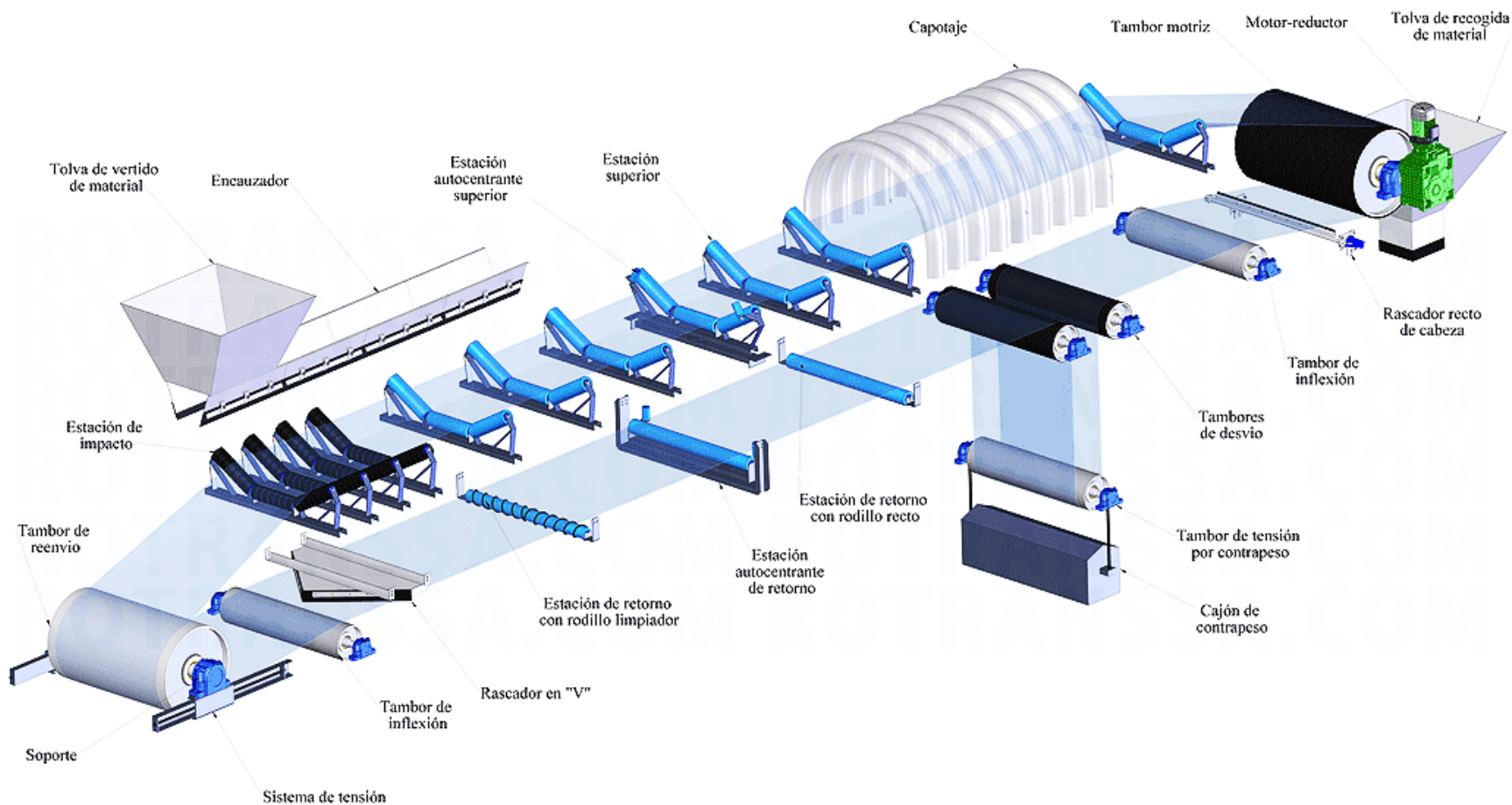
TIPUS DE CINTES TRANSPORTADORES

Cintes mòbils

Tenen una estructura metàl·lica semirígida de mòduls de diferents longituds, generalment d'uns 25 m, muntades sobre transportadors d'erugues que aporten gran mobilitat al sistema. L'accionament de translació s'efectua des de la cabina de control situada en un dels extrems i l'alineació és comunament automàtica amb errors menors a 1 cm en 10 m.



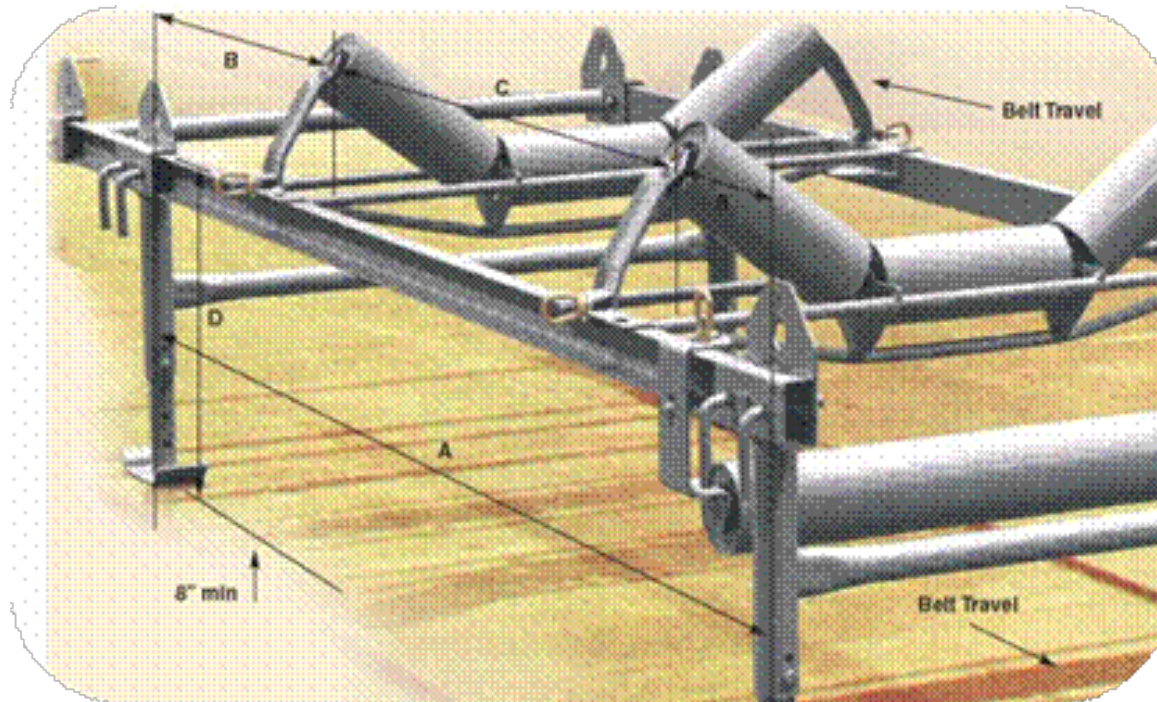
ELEMENTS DE CINTES TRANSPORTADORES



BASTIDOR

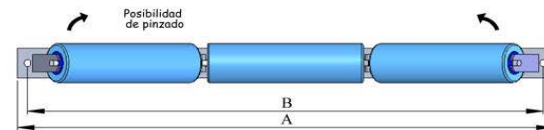
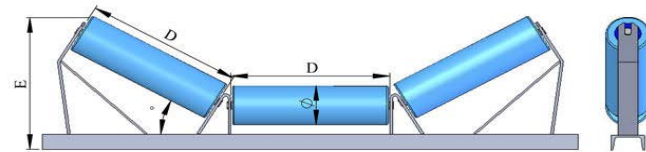
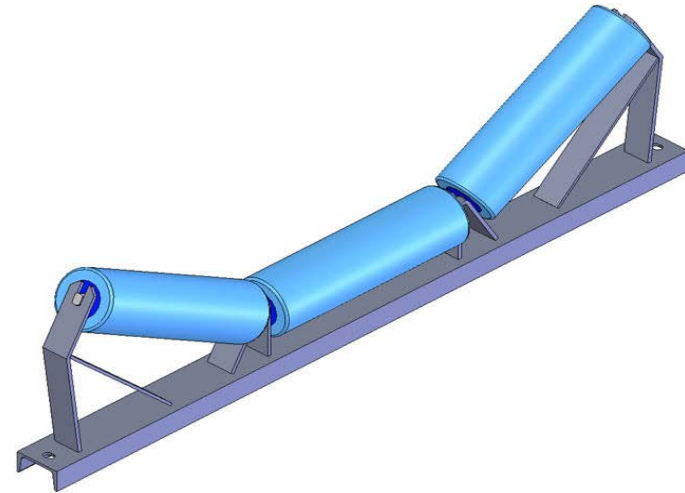
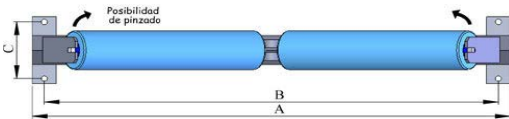
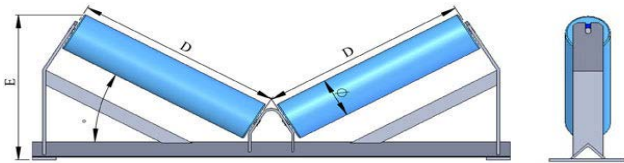
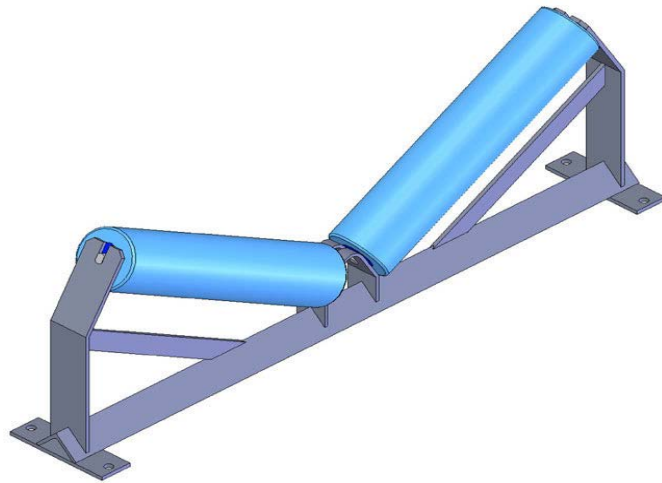
Estructures metàl·liques que constitueixen el suport de la banda transportadora i els elements de la instal·lació entre el punt d'alimentació i el de descàrrega del material.

Es componen dels corrons, ramals superiors i inferiors, i de la pròpia estructura de suport.



ESTACIÓ SUPERIOR DE CORRONS

L'estació superior de corrons té per objecte suportar el ramal de la banda carregada i en forma d'artesa, assegurant el seu desplaçament en una trajectòria prefixada.



TIPUS D'ARTESA

TIPO DE ARTESA	APLICACIONES
En "V"	Cintas de hasta 800 mm. Ángulos de 30°
En 3 secciones	Sistema más utilizado. Los ángulos estándar son: 20° - 30° - 35° - 40° - 45°
En 5 secciones	Se emplea con suspensión de guirnalda en la zona de carga. El ángulo depende de la distribución de carga, rigidez y tensión de la banda: 25° - 55° ó 30° - 60°

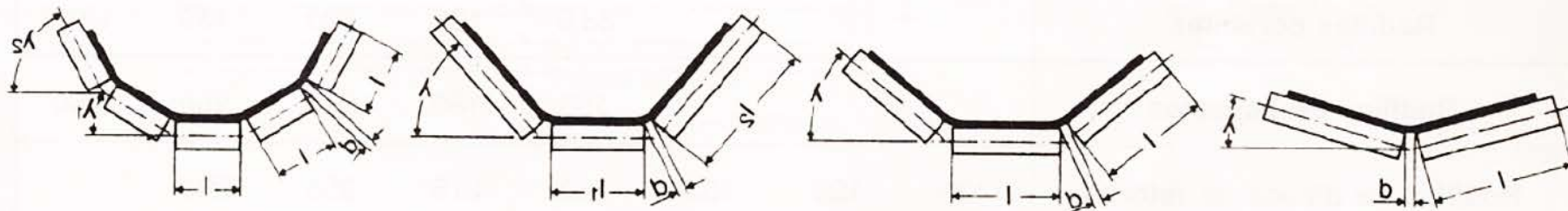
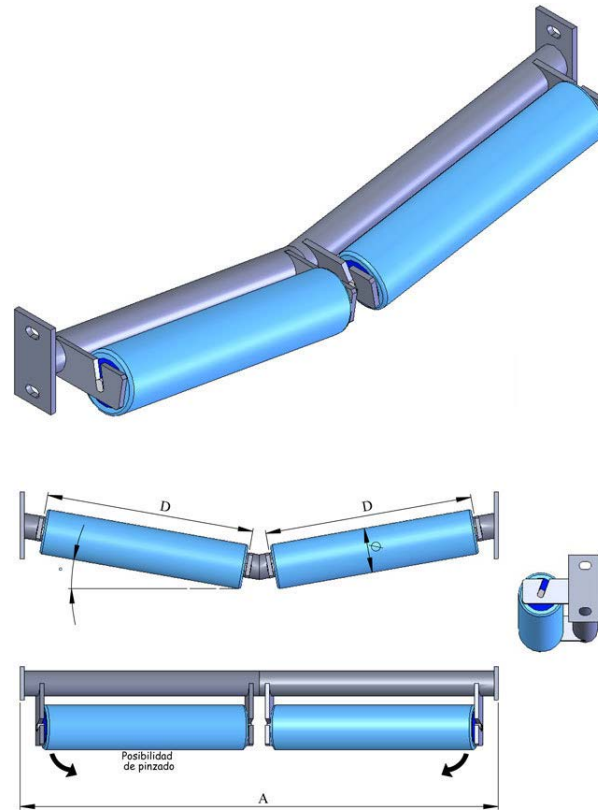


Figura 6.— Tipos diferentes de artesa.



ESTACIÓ INFERIOR DE CORRONS

Les estacions inferiors tenen com a missió suportar el retorn de la banda a buit, assegurant el desplaçament segons la trajectòria del traçat. Aquestes estacions estan formades per un o dos corrns.



SUPORTS DE CORRONS

- **Flexibles:** els rodets s'uneixen entre ells formant unes garlandes.

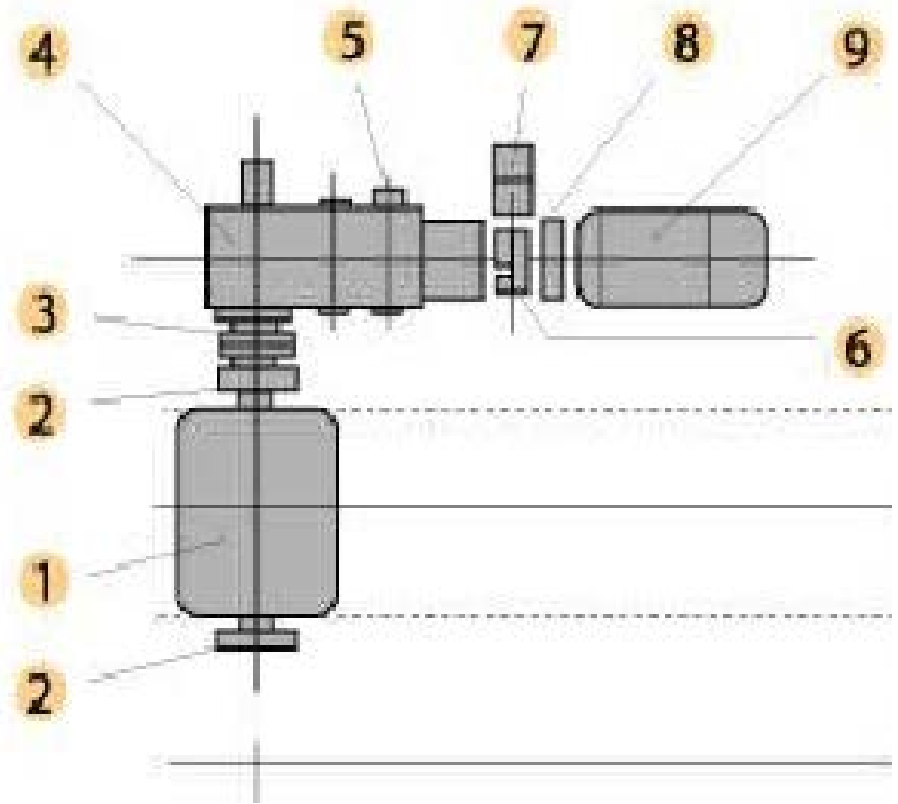


- **Rígid:** són autoportants i d'una gran rigidesa. La seva fixació a l'estructura permet regular la perpendicularitat de les estacions respecte a la banda.



CAP MOTRIU

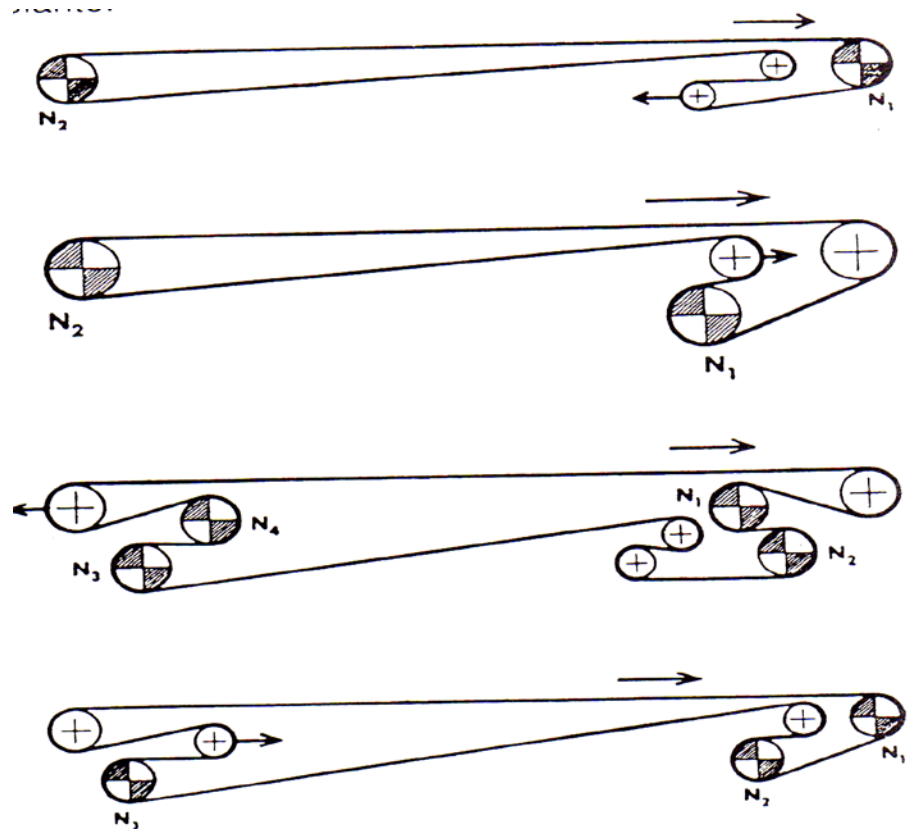
1. Tambor d'accionament amb el seu eix
2. Coixinets
3. Acoblament de baixa velocitat
4. Reductor
5. Mecanisme antiretorn
6. Acoblament d'alta velocitat
7. Fre
8. Acoblament hidràulic
9. Motor



CAP MOTRIU

És la part que **crea el moviment**. El accionament de la banda pot ser **simple** o **múltiple** i al cap i/o a la cua. El cap és per on es descàrrega la cinta i la cua per on es recepciona el material.

L'accionament per més d'un tambor redueix molt la tensió de la banda.



CAP MOTRIU: TAMBOR

El tambor és un cilindre metàl·lic revestit d'una capa de goma que pot girar de manera solitària i que està fortament subjecta a l'estructura.

El diàmetre del tambor va relacionat amb el gruix de la banda i la seva funció.

TIPUS A: TAMBOR MOTRIU
(Angles d'abraçar > 30°)



CAP MOTRIU: TAMBOR

TIPUS B: TAMBOR DE CONTRAPÈS



TIPUS B: TAMBOR DE RETORN
(Angles d'abraçar $> 30^\circ$)



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional

CAP MOTRIU: TAMBOR

TIPUS B: TAMBOR DE TENSIÓ



TIPUS C: TAMBOR DESVIAMENT
(Angles d'abraçar $< 30^\circ$)

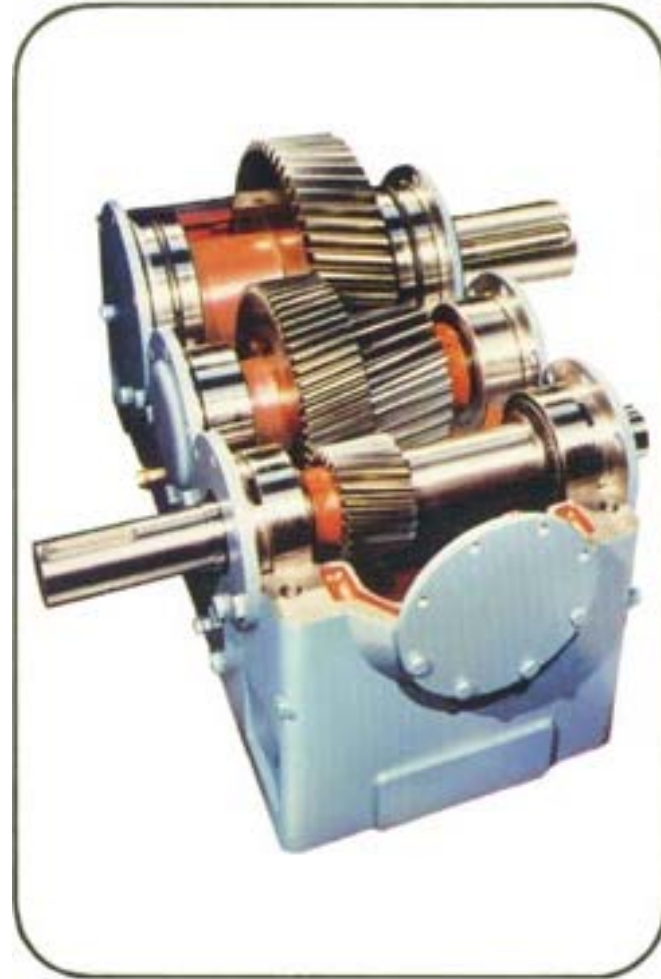


UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

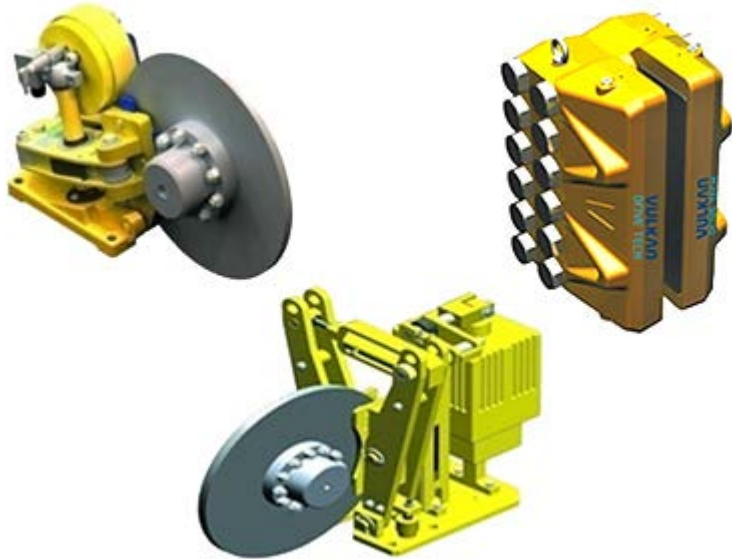
Campus d'Excel·lència Internacional

CAP MOTRIU: REDUCTOR

Ens permeten regular la velocitat i la força (parell motor) transmesa al tambor. Es col·loca entre el motor i el tambor



CAP MOTRIU: FRE I ANTIRETORN



Fre de disc col·locat
normalment a l'eix del reductor

Mecanisme antiretorn: Roda
dentada acoblada al reductor

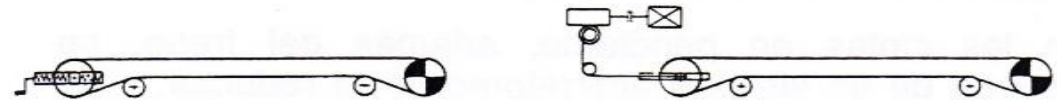
SISTEMES DE TENSAT

Mantenir la tensió adequada al ramal de retorn durant l'arrencada.

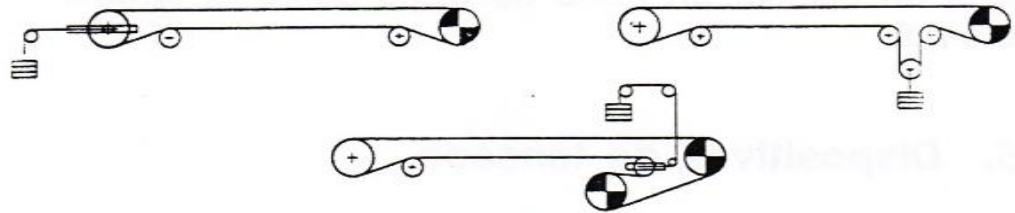
Acomodar les variacions de la longitud de la banda degudes a les dilatacions de la mateixa.

Proporciona un grau de tolerància en la longitud de la banda instal·lada.

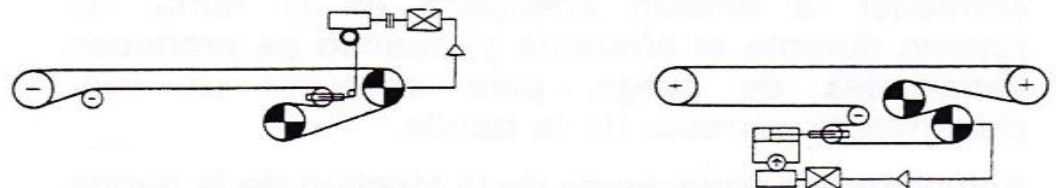
Pot ser tensat automàtic (contrapès) o tensat fix.



1. TENSADO FIJO POR HUSILLOS



2. TENSADO MOVIL (CON ESFUERZO DE TENSION CONSTANTE) CON CONTRAPESOS



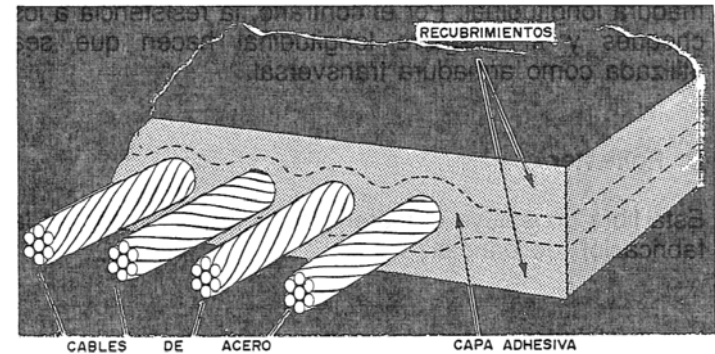
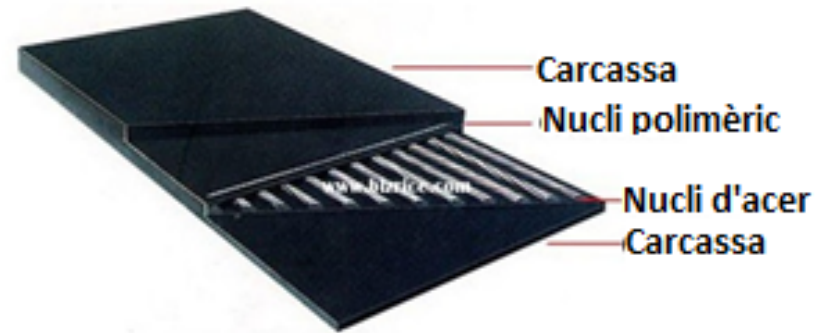
3. TENSADO AUTOMATICO (CON ESFUERZO DE TENSION AJUSTABLE) POR TAMBORES DE TENSADO CONTROLABLES

BANDES

Ha de ser capaç de resistir forces mecàniques, exposició a agents corrosius, talls, etc.

Estan formades bàsicament pels següents elements:

1. **Carcassa:** Dóna la resistència a agents exteriors (humitat, temperatura) i l'estabilitat dimensional per grans longituds. Es construeixen de materials com poliamida o polièster.
2. **Cables d'acer:** Milloren la resistència de la tela i l'estabilitat.
3. **Recobriments:** Uneixen els elements constitutius de la carcassa. El gruix del recobriments de la carcassa és funció del tipus d'aplicació de la banda i de l'amplada d'aquesta.
4. **Unió:** Mecànica ràpida: Amb grapes. Vulcanitzat: s'escalfa el recobriments i la goma adhesiva i s'empalma.



BANDES: MOTORS

Els equips elèctrics utilitzats en les cintes es poden classificar en:

- Equips motrius i/o de potència, que assegurin el moviment i les accions secundàries necessàries.
- Equips d'automatització, vigilància i seguretat.
- Equips de servei: enllumenat, etc.



CINTA: PRODUCTIVITAT

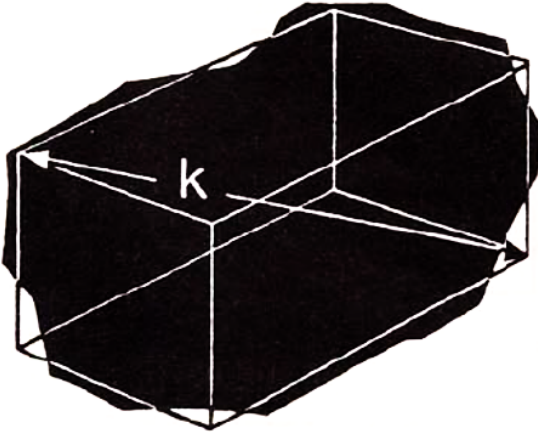
La productivitat de la cinta depèn dels següents factors:

1. Les propietats del material: densitat, angle del material, pendent màxim, granulometria, etc.
2. La inclinació de la cinta: entre 0° i 90°
3. Velocitat de transport: normalment entre 0,5 m/s i 6,5 m/s
4. Amplada de la banda: granulometria màxima i producció per hora
5. Capacitat de transport

APLICACIONES	VELOCIDAD DE LA CINTA (m/s)
Casos especiales	0,5
Caudales pequeños de material que deben protegerse (cinta de coque)	0,5 - 1,5
Aplicaciones estándar (canteras de grava)	1,5 - 3,5
Flujos elevados a grandes distancias (minería a cielo abierto)	3,5 - 6,5
Aplicaciones especiales. Apiladores	6.5 y mayores



CINTA: PRODUCTIVITAT

TAMAÑO MAXIMO DE BLOQUE DIMENSION K (mm)	ANCHURA MINIMA DE BANDA (mm)	
	100	400
	150	500
	200	650
	300	800
	400	1.000
	500	1.200
	550	1.400
	650	1.600
	700	1.800
	800	2.000



CINTA: CAPACITAT TRANSPORT

$$Q_v[\text{m}^3/\text{h}] = 3600 \cdot S \cdot v \cdot K$$

$$Q_v[\text{t}/\text{h}] = 3600 \cdot S \cdot v \cdot K \cdot \rho$$

On:

S: secció transversal de càrrega [m^2]:

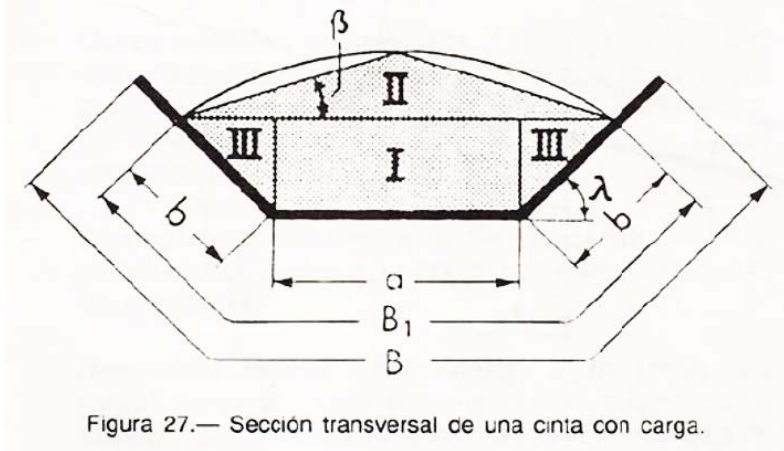
v: velocitat de transport [m/s]

K: coeficient segons inclinació (taula)

ρ ; densitat del material disgregat [t/m^3] (taula).



CINTA: CAPACITAT TRANSPORT



B; ample de banda

B₁; ample de banda ocupat pel material:

0,9B-0,05 si B<2m

B-0,25 si B>2m

a; allargada corró central

b; allargada corró lateral

λ; angle d'artesa (20-25-30-35-40-45°)

β; angle de talús dinàmic del mineral, es calcula amb l'angle de repòs (taula)

$$S = S_I + S_{II} + 2S_{III}$$

$$S = [a \cdot b \cdot \sin \lambda] + [b^2 \cdot \sin \lambda \cdot \cos \lambda] + 0,067[a + 2b \cdot \cos \lambda]^2$$



CINTA: CAPACITAT TRANSPORT

Valores de "K" según el ángulo de la cinta

ANGULO DE LA CINTA ASCENDENTE/DESCENDENTE (Grados)	COEFICIENTE DE REDUCCION (K)
2	1,00
4	0,99
6	0,98
8	0,97
10	0,95
12	0,93
14	0,91
16	0,89
18	0,85
20	0,81
21	0,78
22	0,76
23	0,73
24	0,71
25	0,68
26	0,66
27	0,64
28	0,61
29	0,59
30	0,56



CINTA: CAPACITAT TRANSPORT

Amb l'angle de repòs calculem l'angle beta.

TABLA XV

β	Angulo de reposo
5°	0° - 20°
10°	20° - 30°
20°	30° - 34°
25°	35° - 40°
30°	> 40°

Propiedades de los materiales a transportar

MATERIAL	Densidad (t/m ³)	Angulo de reposo (°)	Pendiente máx. de transporte (δ)	Efectos posibles		
				Mecánico	Químico	Temp.
Cenizas húmedas Cenizas secas Sulfato amónico	0,9 0,65-0,75 0,75-0,95	15	18 16 22	+ 	++ 	
Bauxita fina Bauxita triturada Escorias de fundición	1,9-2,0 1,2-1,4 1,2-1,4		18 18-20 18	+ ++ ++		+
Arcilla Carbón Carbón fino Clinker Coque Hormigón húmedo Minerales de cobre Roca triturada	1,8 0,75-0,85 0,8-0,9 1,2-1,5 0,45-0,6 1,8-2,4 1,9-2,4 1,5-1,8	15-18 18 10 10-15 15 0-5 15 10-15	18-20 18 18-20 18 17-18 16-22 18 16-20	+ ++ ++ ++ ++ ++ ++		++ ++ ++
Feldespato triturado	1,6		18	++		
Arenas y gravas húmedas Arenas y gravas lavadas Grafito en polvo Granito triturado Gravas sin clasificar Yeso en polvo Yeso triturado	2,0-2,4 1,5-2,5 0,5 1,5-1,6 1,8 0,95-1,0 1,35	15 18 15	20 12-15 20 20 18-20 23 18			++
Mineral de hierro Pellets de hierro	1,7-2,5 2,5-3,0	15 12	18 15	++		
Briquetas de lignito Caliza triturada Lignito seco Lignito húmedo	0,7-0,85 1,3-1,6 0,5-0,9 0,9	15 15 15 15-20	12-13 16-18 15-17 18-20		+ 	
Mineral de manganeso	2,0-2,2	15	18-22	++		
Fosfato fino Fosfato triturado Potasa Turba	2,0 1,2-1,4 1,1-1,6 0,4-0,6	12-15 15 15 	18 18-20 18 16	+ ++ + 		 +



CINTES RIPABLES O SEMIMÒBILS

En les mines amb sistemes d'explotació continus, els equips d'excavació i apilat són unitats autopropulsades sobre erugues que es van adaptant a les condicions dels talls utilitzant els carros tremuja i els carros de transport o tripers que es mouen al llarg de les cintes transportadores. Aquestes cintes que poden traslladar-se amb equips auxiliars, però que durant l'operació romanen estacionàries.

Quan la màquina d'excavació o d'apilament assoleix el seu límit de treball, les cintes ripables s'han de desplaçar a una nova posició, operació que s'anomena "ripat de la cinta".



CINTES RIPABLES O SEMIMÒBILS: DISSENY

- **Cap motriu**

- Les potències instal·lades en els caps motrius oscil·len des de 2 x 160kW fins a 6 x 2000kW, augmentant el pes en servei en la mateixa proporció, arribant a 800t o més.

- **Bastidors**

- El disseny d'una cinta ripable exigeix disposar d'una certa flexibilitat en el conjunt, a fi de no danyar la instal·lació durant el trasllat, sent desitjable mantenir una mínima rigidesa per facilitar l'operació.



CINTES RIPABLES O SEMIMÒBILS: RIPAT

Hi ha 3 tipus de ripat:

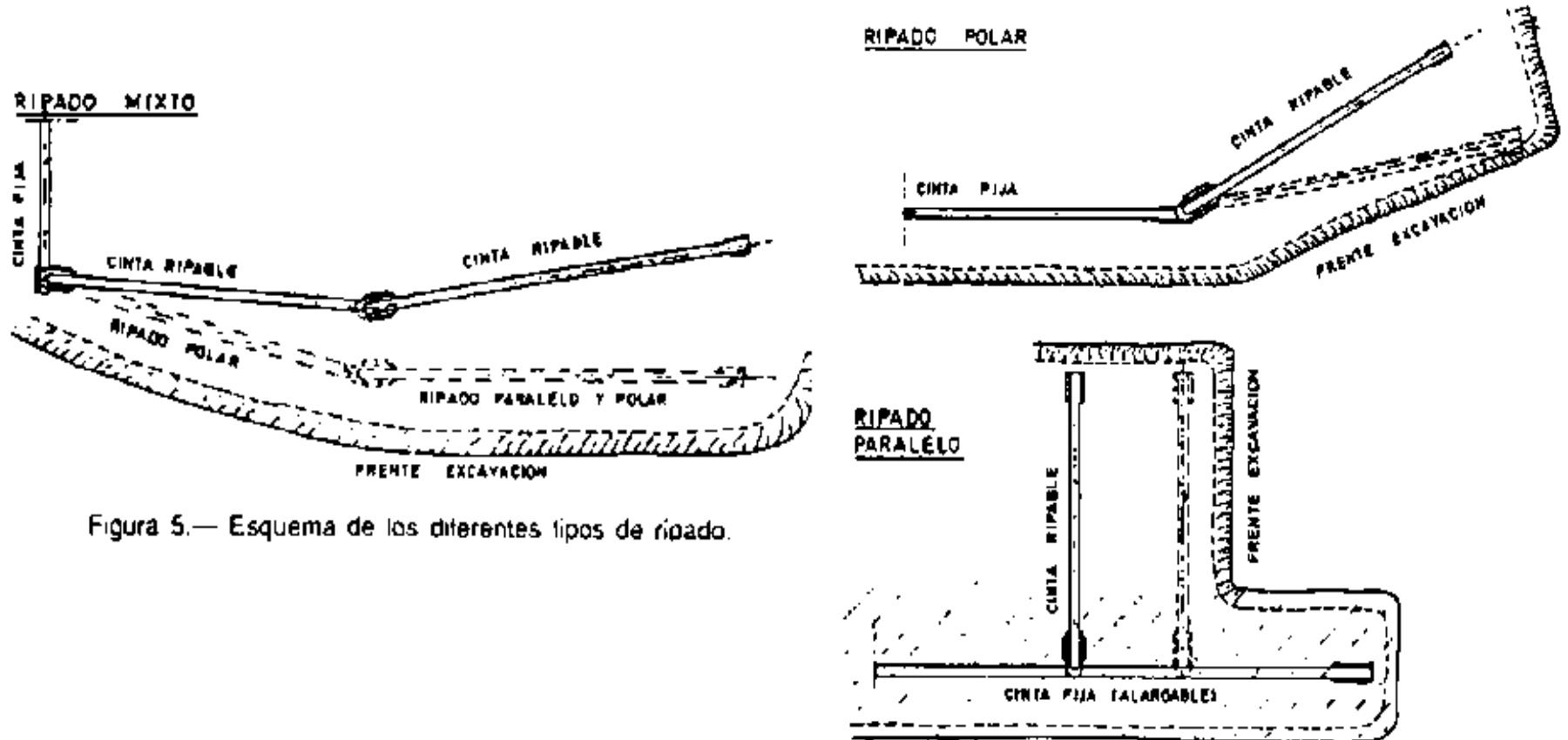


Figura 5.— Esquema de los diferentes tipos de ripado.

CINTES RIPABLES O SEMIMÒBILS: RIPAT

Fases del ripat:

1. Preparació: es prepara el terreny i es desplacen cap motriu.
2. Ripat: Retirada ancoratges, destensar banda i procedir al ripat amb el tractor d'erugues
3. Operacions posteriors: reajustar tota la cinta

El ripat d'una cinta constitueix una de les operacions que requereix una planificació molt acurada pel fet que suposa una aturada total del circuit amb una durada de diversos relleus i requereix el treball coordinat de diversos departaments.



CÀLCULS CINTA TRANSPORTADORA

Metodologies:

1. PHOENIX Conveyor Belt Systems GmbH, ALL
2. Forbo Siegling GmbH
3. Pirelli



CINTES APILADORES



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional

CINTES APILADORES

- El apilador és la màquina que s'utilitza per abocar els estèrils en runams i també s'usa per col·locar selectivament els minerals en els parcs d'homogeneització.
- El apilador és la màquina que situem al final d'un sistema d'operació continu.
- Els apiladors van des unitats molt simples associades a tripers, fins arribar a apiladors d'una sofisticació molt elevada per adaptar-se a les diferents condicions geomètriques i geotècniques.
- Els apiladors s'han d'adaptar a la producció requerida en diversos tipus d'explotacions, arribant a unes capacitats d'apilament d'enormes que poden arribar a diversos centenars de m³ al dia.

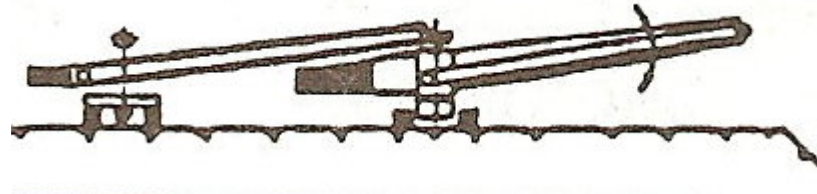


CINTES APILADORES

- Cintes giratòries associades a un triper.

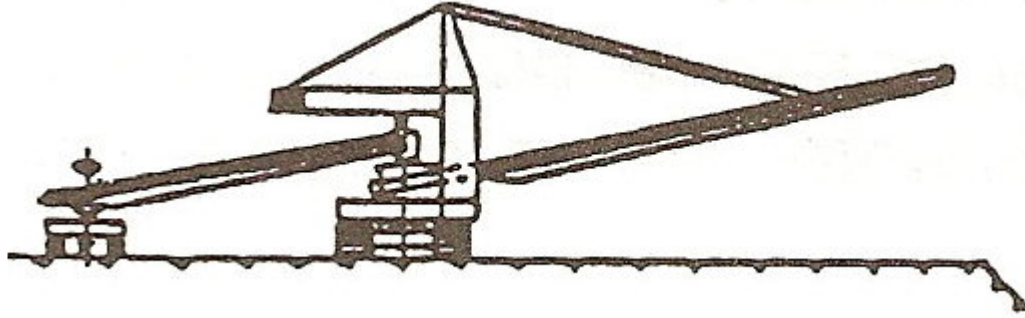


- Apiladors compactes.

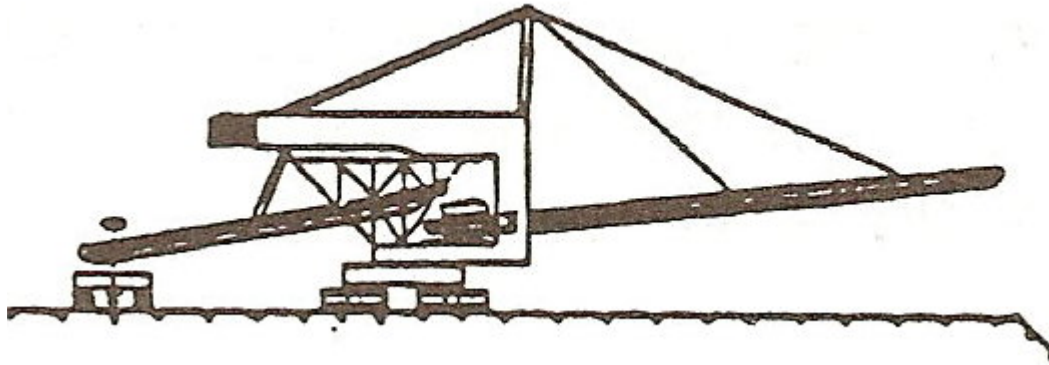


CINTES APILADORES

- Apiladors semicompactes amb cinta d'alimentació sobre el triper.

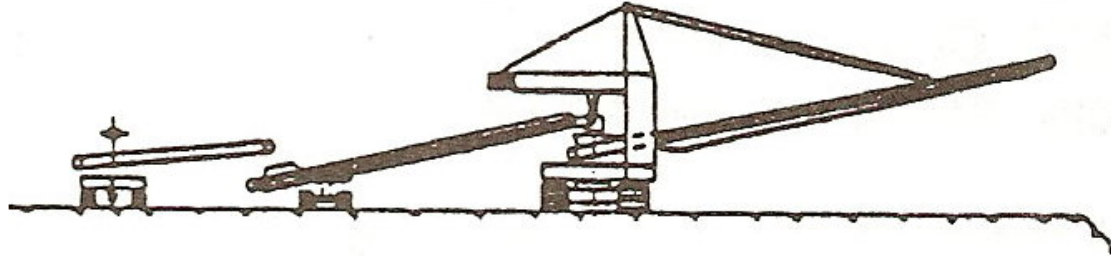


- Apiladors semicompactes amb cintes d'alimentació suspesa.

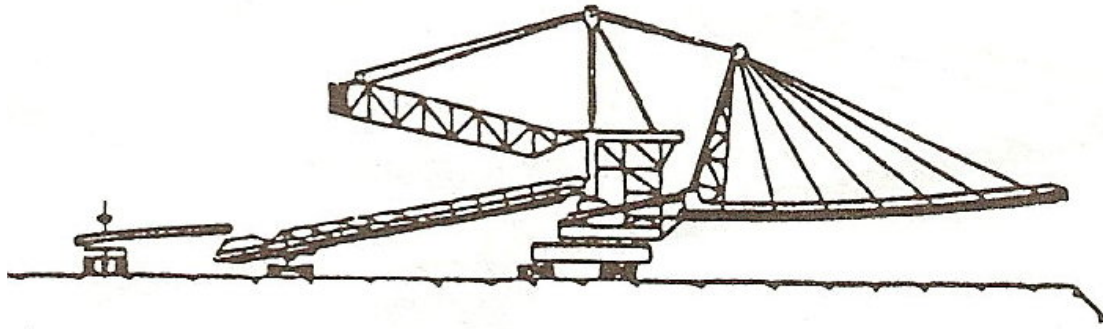


CINTES APILADORES

- Apiladors semicompactes amb cintes d'alimentació sobre erugues i associades a un triper amb cinta giratòria.



- Apiladors convencionals amb cinta d'alimentació sobre erugues i associades a un triper amb cinta giratòria.



CARROS TREMUJA

- Els carros tremuja serveixen per alimentar les cintes ripables de tall.
- Normalment es desplacen sobre vies mitjançant un sistema de tracció autònoma, si cal també hi ha unitats que es desplacen mitjançant erugues.
- Poden contenir el tambor del cable de la màquina d'alimentació.



TRIPERS O EQUIPS DE TRANSFERÈNCIA

Un triper és un sistema que es troba connectat a una cinta d'alimentació. Recull el material de la mateixa mitjançant un llaç i descàrrega a un lloc diferent.

Es pot desplaçar al llarg d'ella. Existeixen amb dos sistemes de translació, vies i erugues. Els sistemes de vies s'usen en unitats petites i els d'erugues en unitats grans.



TRIPERS O EQUIPS DE TRANSFERÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional

TRIPERS O EQUIPS DE TRANSFERÈNCIA



fam.de



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

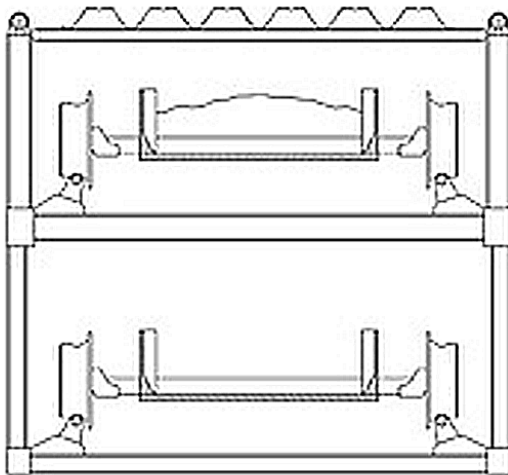
Campus d'Excel·lència Internacional

Cintes RopeCon[®] de Doppelmayr Transport Technology

Combina la tècnica de les cintes transportadores amb l'experiència del transport per cable.

Els àmbits d'aplicació del RopeCon són molts, ja que permet distàncies de fins a 20 km. per tram, amb un rendiment de fins a 25.000 tones/hora i amb una distància entre torres de fins a 2.000 m.

<https://www.doppelmayr.com/es/productos/ropecon/>



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional

BULLDOZERS AMB RIPPERS - TRACTOR



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional

BULLDOZERS AMB RIPPERS - TRACTOR



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus d'Excel·lència Internacional

BULLDOZERS AMB RIPPERS

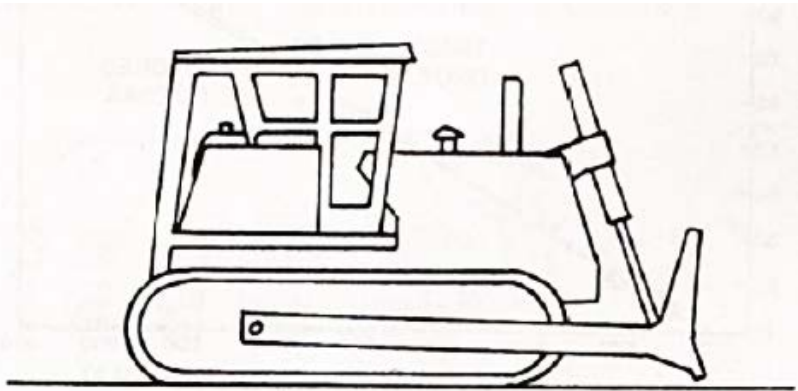
Són equips auxiliars, d'arranc i transport, l'arranc amb el riper (escarificació) i el transport amb la pala.



TIPUS: BULLDOZERS AMB RIPPERS

A. Tractores de orugas

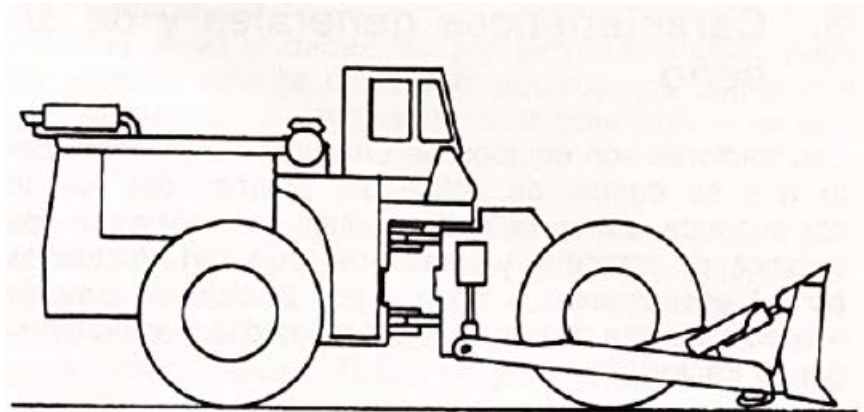
- Chasis rígido.
- Velocidades máximas entre 7 y 15 km/h.
- Potencias entre 140 y 770 HP (104 y 574 kW).
- Transmisiones mecánicas.
- Pesos en servicio entre 13,5 y 86 t.
- Presiones específicas entre 0,05 y 0,15 MPa.
- Tracción en la barra de tiro entre 21.000 y 110.000 kg.
- Capacidad para remontar pendientes hasta 45°.



TRACTOR DE ORUGAS

B. Tractores de ruedas

- Chasis articulado con ángulos de 40 a 45°.
- Tracción a las cuatro ruedas.
- Velocidades máximas de desplazamiento entre 16 y 60 km/h.
- Potencias entre 170 y 820 HP (127 y 611 kW).
- Transmisiones mecánicas o eléctricas.
- Pesos en servicio entre 18,5 y 96 t.
- Presiones específicas sobre el terreno entre 0,21 y 0,35 MPa.
- Tracción en la barra de tiro entre 18.000 y 82.000 kg.



TRACTOR DE RUEDAS



BULLDOZERS AMB RIPPERS

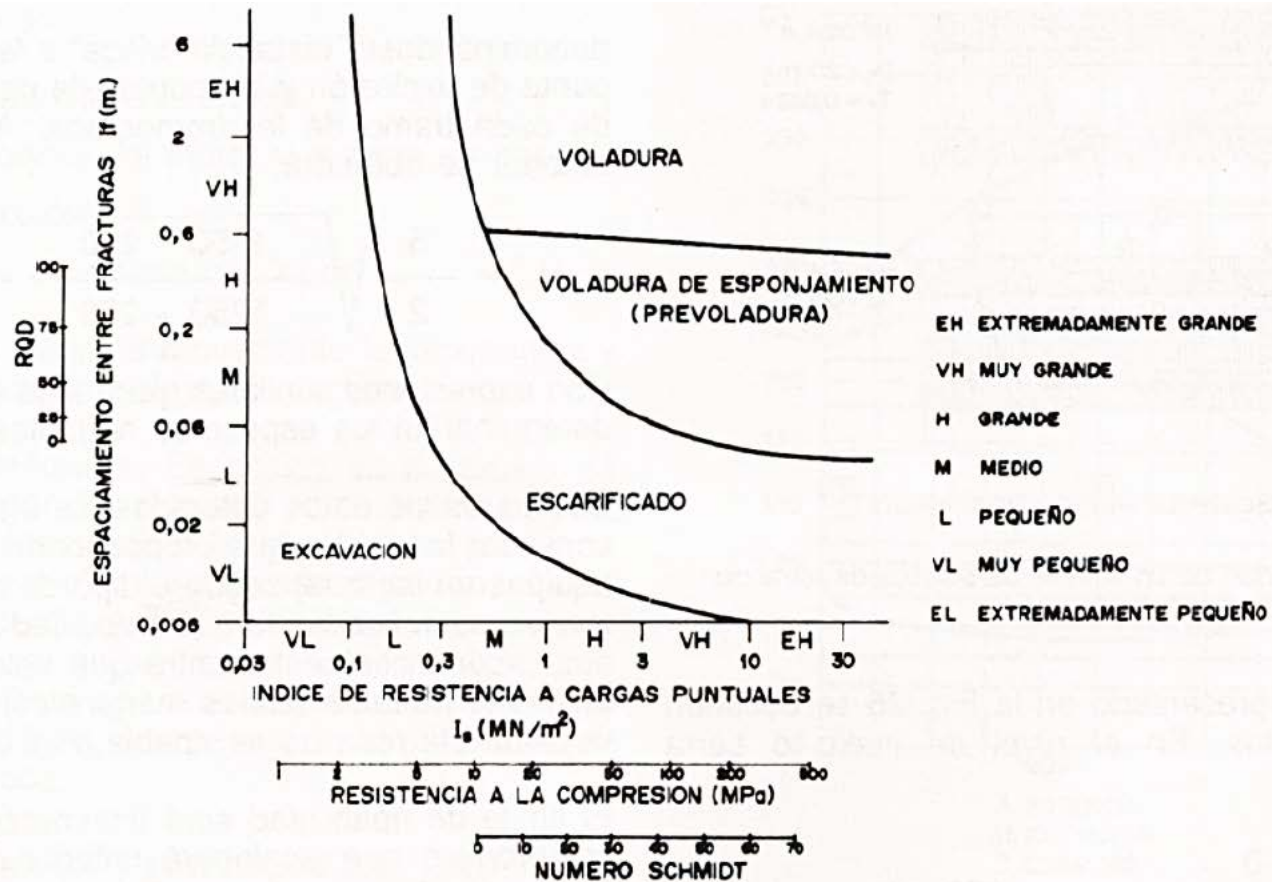
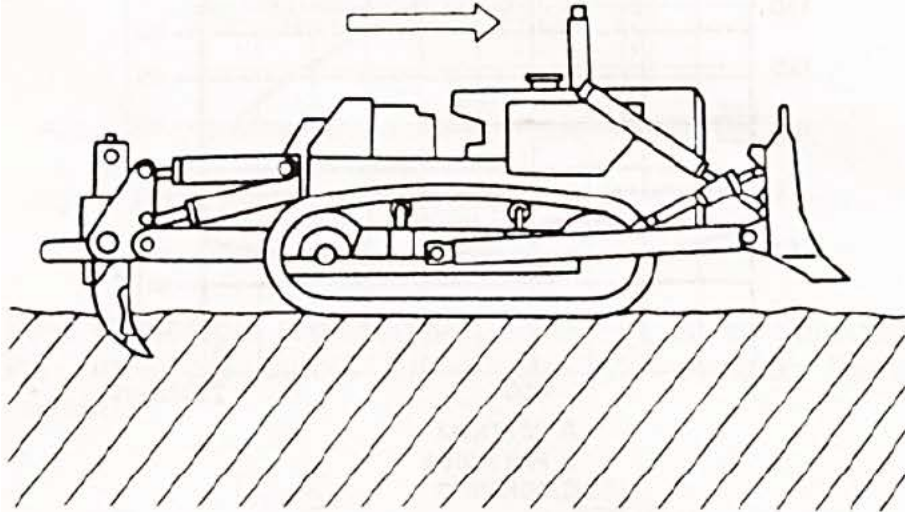


Figura 24.— Abaco para determinar si un macizo rocoso es susceptible de arranque directo o precisa del empleo de explosivos.

BULLDOZERS AMB RIPPERS

INCORRECTO



CORRECTO

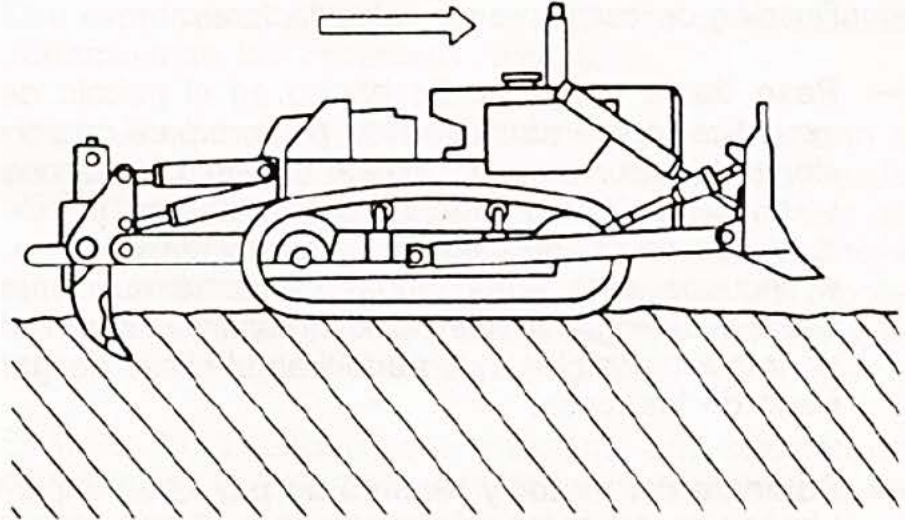


Figura 30.— Sentido correcto del ripado en función del buzamiento de los estratos.



MOTOTRAILLES - WHEEL TRACTOR-SCRAPERS



MOTOTRAILLES - WHEEL TRACTOR-SCRAPERS

Són màquines de càrrega, transport i descàrrega.

1. Càrrega: amb tall de 8 a 50 cm de gruix.
2. Transport a velocitats de 20-40 km/h.
3. Descàrregues de fins a 60 cm de gruix.
4. Retorn buides a 30-60 km/h.



MINERODUCTE - PIPELINE MINING



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH**

Campus d'Excel·lència Internacional

MINERODUCTE - PIPELINE MINING

TABLA II

Tamaños máximos de las partículas en el transporte hidráulico

SUSTANCIA	PESO ESPECIFICO	TAMAÑO MAXIMO (Mallas)	VELOCIDAD DE TRANSPORTE (m/s)
Gilsonita	1,05	4	1,20
Carbón	1,40	8	1,50
Caliza	2,70	48	1,10
Concentrado de cobre	4,30	65	1,50
Mineral de hierro	4,90	100	1,80
Arenas ferríferas	4,90	28	4,90

TABLA III

Distribución granulométrica de los sólidos de una hidromezcla

MALLA TYLER	MICRAS	% EN PESO	% QUE PASA
< 65 mallas	210	9	100
80	177	16	91
100	149	32	75
150	105	13	43
200	74	12	30
270	53	10	18
325	44	8	8
		100	



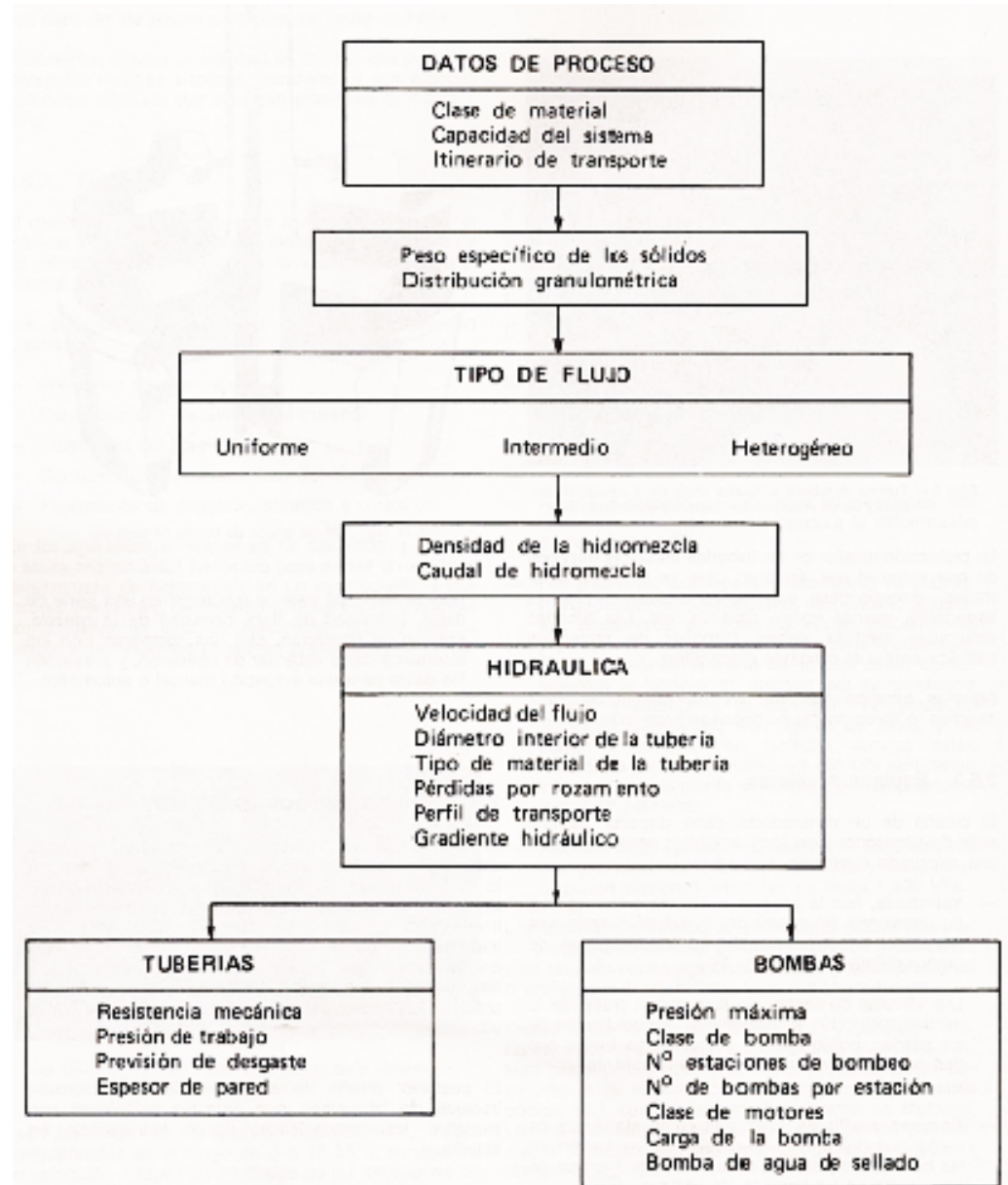
MINERODUCTE - PIPELINE MINING

TABLA IV
Concentración de sólidos en mineroductos

Material	Peso Específico	Porcentajes de sólidos		Tamaño máximo	
		En peso	En volumen	Micras	Mallas
Gilsonita	1,05	40-45	39-44	4.700	4
Carbón	1,40	45-55	37-47	2.300	8
Caliza	2,70	60-65	36-41	310	42
Cobre	4,30	60-65	26-30	230	65
Magnetita	4,90	60-65	23-27	150	100



MINERODUCTE - PIPELINE MINING



MINERODUCTE - PIPELINE MINING

Mineroductos más importantes en operación

LUGAR	MATERIAL	Longitud (km)	Diámetro (mm)	Capacidad (Mt/a)	% sólidos	Partícula máxima (mm)
Black Mesa, Arizona, EEUU	Carbón	439	457	5,8	45-50	1,2
Cadiz, Ohio, EEUU	Carbón	174	254	1,3	50	1,2
Lorraine, Francia	Carbón	9	381	1,5	—	—
Limburgo, Países Bajos	Residuos de preparación de carbón	22	200	0,2	—	—
URSS	Carbón	61	304	1,8	—	—
Bonanza, Utah, EEUU	Glisonita	116	152	0,4	48	5,0
Kensworth, Gran Bretaña	Caliza	92	254	1,7	50-60	0,4
Australia	Caliza	96	200	0,45	—	—
Calaveras, California, EEUU	Caliza	27	178	1,5	70	0,6
Savage River, Tasmania, EEUU	Mineral de hierro	85	228	2,3	55-60	0,1
Sierra Grande, Argentina	Mineral de hierro	32	200	2,1	—	—
Corea del Norte	Mineral de hierro	98	—	4,5	—	—
Pena Colorado, México	Mineral de hierro	48	200	1,8	—	—
Samarco, Brasil	Mineral de hierro	396	500	12,0	67	—
Waipipi, Nueva Zelanda	Arena ferruginosa	6	203	1,0	45	0,6
El Salvador, Chile	Mineral de cobre	22	152	0,26	—	—
Irán occidental, Indonesia	Concentrado de cobre	112	114	0,3	60-65	0,1
Bougainville, Nueva Guinea	Concentrado de cobre	27	152	1,0	55-70	0,2
Turquía	Concentrado de cobre	61	127	1,0	45	0,1
Japón	Residuos de extracción de cobre	64	200	1,0	18	<0,03
Africa del Sur	Residuos de extracción de cobre	35	228	1,05	—	—
Sandersville, Georgia, EEUU	Caolín	110	450	0,06	—	—