

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**PROGRAMA ACADEMICO DE INGENIERIA**

**MINERA, GEOLOGICA Y METALURGICA**

**TITULACION PROFESIONAL EXTRAORDINARIA**

**" TRABAJO PROFESIONAL PARA OPTAR EL**

**TITULO DE INGENIERO DE MINAS "**

**LUIS YOSHINOBU NAKAGAWA NISHIKAWA**

**1983**

# Monteirrosas

INTRODUCE EL

## METODO VCR EN SUDAMERICA

POR : Ing. Alfonso Barreda M.  
Ing. Amado Yataco M.  
Ing. Luis Nakagawa N.

Tema original presentado a la XVI Convención

de Ingenieros de Minas y ampliado para el

trabajo de Titulación Profesional Extraordinaria

## MONTERROSAS INTRODUCE EL METODO VCR EN SUDAMERICA

Alfonso Barreda Moller, Amado Yataco Medina, Luis Nakagawa Nishikawa.

### COMPAÑIA MINERA LOS MONTES S.A.

#### 1.0 INTRODUCCION

Cuando en 1,979 se adopta la decisión de llevar adelante el Proyecto Cuprifero Monterrosas, CENTROMIN PERU S.A, inicialmente y Cía. Minera Los Montes con posterioridad, mantienen latente la necesidad de lograr un método de explotación minera de mayor eficiencia a pesar de haberse incluido en el correspondiente Estudio de Factibilidad un Sistema de minado de alto rendimiento como el Open Stop, consistente en dividir la veta en sub-niveles cada 20 metros de profundidad.

El imperativo de buscar un método de explotación de mayor eficiencia, expresada ésta en términos de mayor productividad y costo reducido, se derivaba no sólo de la necesidad que tiene la actividad minera de mantener un margen seguro de excedente económico para contrarrestar los efectos de la naturaleza cíclica que tiene el comportamiento de la cotización de los metales, sino además, por tratarse de un yacimiento básicamente monometálico (cobre) de baja ley, cuyo proyecto se financiaría con un alto porcentaje de préstamos, es decir con un alto costo financiero. Las reservas Probadas-Probables que limitan la vida del yacimiento a 3-4 años, no obstante el potencial minero local, demandan también una pronta generación de flujo efectivo.

Es así como se intercambia ideas con asesores Canadienses y se visitan algunas minas de Canadá, en donde hacia un tiempo venía utilizándose un método de explotación basado en la perforación de taladros verticales de gran diámetro, de nivel a nivel, denominado Vertical Crater Retreat- VCR ( Cráteres Verticales en Retroceso).

El reducido costo de éste método en sus diversos rubros ( mano de obra, explosivos, repuestos, otros materiales) y su alta productividad, indujeron a Compañía Minera Los Montes S.A. a considerar la posibilidad de adoptarlo para la explotación de su yacimiento Monterrosas, aún en riesgo, ciertamente calculado, de no tener experiencia en éste método netamente nuevo, con equipo rara vez aplicado en el País y de utilizar recursos humanos con reducida experiencia en la primera mina de importancia que se desarrollaba en una zona esencialmente agrícola como Ica.

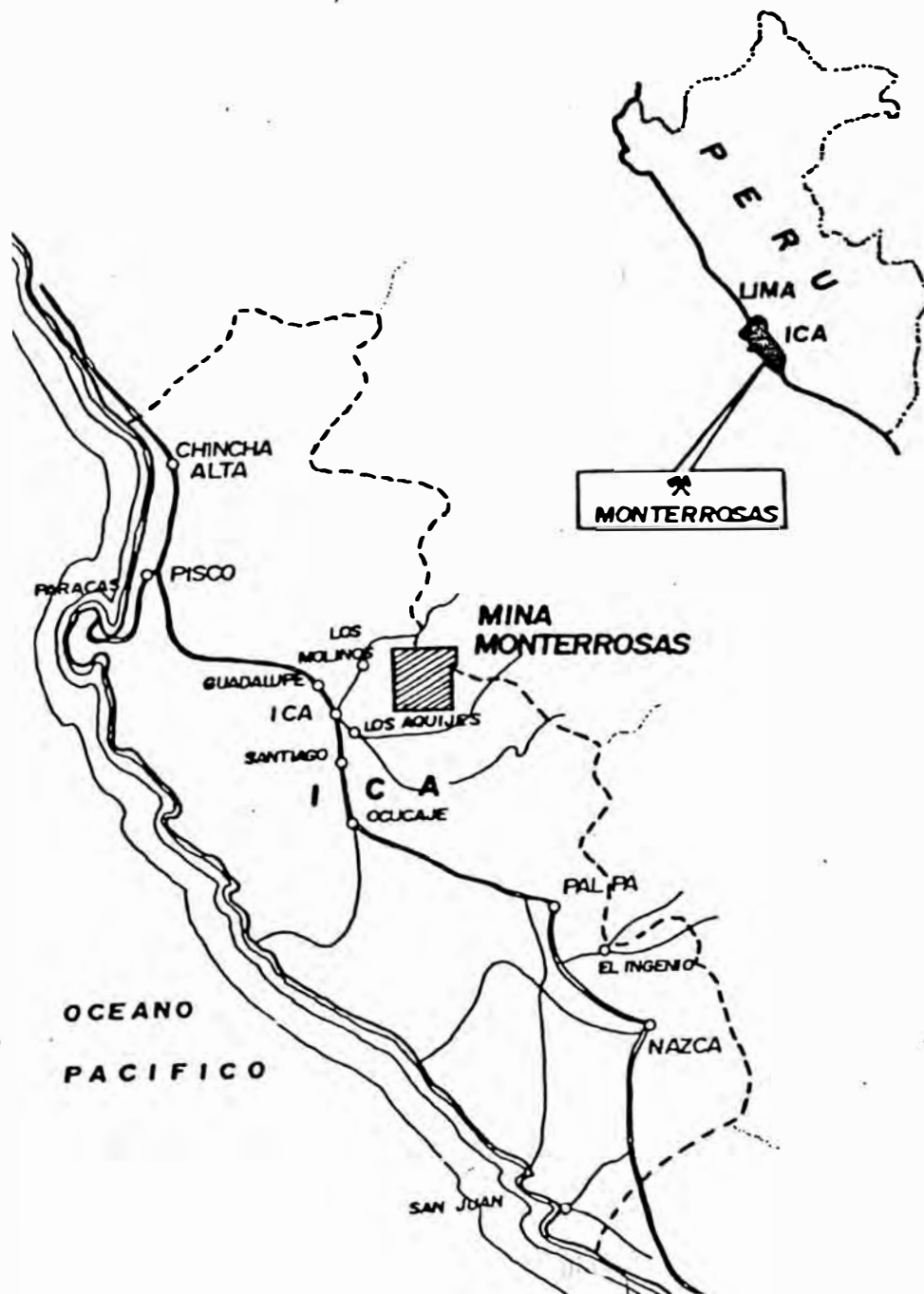
El trabajo no ha sido sencillo, pues ha demandado el máximo esfuerzo de la Empresa en su conjunto, especialmente de los Ingenieros de Minas que tuvieron a su cargo el diseño y sobre todo la preparación, pruebas y explotación exitosa utilizando este nuevo método.

La producción comercial de Monterrosas se inició prácticamente en Marzo del presente año, tratando mineral de preparación y desarrollo.

El primer disparo de tajeo se realizó en Mayo y la producción de tajeo se inicia propiamente en Junio a razón de 800 TM/DIA, para pasar a 1,000 TM/DIA a partir de Julio hasta la fecha.

# PLANO de UBICACION

## Mina Monterrosas



No obstante que la explotación en su nivel normal se ha iniciado hace pocos meses, podemos decir que los resultados aún susceptibles de mejorarse, son altamente positivos, no sólo desde el punto de vista de la productividad del método VCR y de los reducidos costos de operación que involucra, sino también como una contribución efectiva al desarrollo de la Ingeniería de Minas del País y de esta parte del Continente.

## 2.0 UBICACION Y ACCESIBILIDAD

La mina Monterrosas se encuentra ubicada en la costa Sur del Perú, en el Departamento y Provincia de Ica dentro de la zona minera denominada " Canza ", a 20 Km, de la ciudad de Ica.

El Derecho Especial del Estado concedido a CENTROMIN PERU el 22 de Julio de 1,975 por Decreto Supremo N° 034-75/EM/DGM, fué de 3,960 Has, que ocupa parte de los distritos de la Tinguíña, Parcona y San José de los Molinos, entre los paralelos 13°, 57' y 14° 04' de Latitud Sur; y entre los meridianos 75°, 39' y 75° 44' de Longitud Oeste.

La principal vía terrestre de comunicación a la ciudad de Ica, es la carretera Panamericana Sur que une a Lima, luego parte una carretera de segundo orden asfaltada hasta el distrito de la Tinguíña y luego 12 Km, de camino afirmado carrozable al centro minero de Monterrosas.

## 3.0 ANTECEDENTES

La región de "Canza" fué conocida y trabajada por óxidos de cobre desde fines del siglo pasado.

En 1,967, la Cía. Minera Cerro de Pasco Corporation compradores del mineral de Monterrosas, se interesa en la propiedad y toma una opción de compra-venta cubriendo en las labores del nivel 1150, 1130 y Pique Monterrosas además de 20 huecos diamantinos, un potencial de 350,000 Tons, con 2.5 % de cobre, sin embargo, debido a problemas principalmente de propiedad no llegó a cristalizar el proyecto de explotación.

En 1,974, CENTROMIN PERU, se interesó en la zona en base de los estudios hechos por Cerro de Pasco, tomando en cuenta el potencial minero de Monterrosas y las facilidades de que le brinda de tener en cercanía una ciudad, con las ventajas que ello implica:

- 1.- Fácil acceso.
- 2.- Abastecimiento general a bajo costo.
- 3.- No requiere de Campamentos.
- 4.- Energía Eléctrica a la mano.
- 5.- Servicio y mantenimiento de talleres a disposición, etc.

El 22 de Julio de 1,975 por Decreto Supremo N° 034-75/EM-DCM, se otorgó 3,960 Has como Derecho Especial del Estado a CENTROMIN PERU, tomando como base las antiguas condiciones de la ex-Cerro de Pasco y algunas concesiones caducas.

Al 31 de Diciembre de 1,978 se cubicaron 1'237,300 Tons de sulfuros de cobre con baja ley de 1.87 y 100,700 Tons de óxidos con una ley de 1.86 %, todo esto en la veta Monterrosas, habiendo otras estructuras potenciales parcialmente exploradas como San Pedro, Canzas, Viernes Santo, Guanaco.

## DESCRIPCION DEL PROYECTO

El Proyecto Monterrosas se diseñó y construyó para una capacidad inicial de 750 TM/DIA de mineral de cobre, con posibilidades de ampliarse en función de las reservas adicionales que se ubicaran.

El sistema de minado que se adoptó finalmente fue el VCR, materia del presente trabajo, que ha requerido como equipo básico una perforadora Down The Hole con su compresora, un Jumbo Hidráulico, volquetes de bajo perfil y Scoop Trams.

La Planta Concentradora es de tipo convencional con una capacidad de 1,000 TON/DIA para la flotación de sulfuros de cobre.

Como servicios se tiene una línea de alta tensión de 14 Km, desde la Subestación de Parcona, propiedad de ELECTROPERU S.A., y un acueducto para el abastecimiento de agua desde dos pozos ubicados a 8,800 metros de la mina, con una diferencia de altura de 700 mts.

La inversión total en el proyecto ha sido US \$ 14.6 Millones (US \$ 14,600 TMS/DIA de capacidad instalada), de los cuales US \$ 3.4 Millones fueron aportados por los propietarios y el resto financiado mediante créditos.

El 80 % de la inversión se ha realizado en Moneda Nacional. El detalle de la inversión ha sido el siguiente:



- Mina	US \$	1'881
- Planta Concentradora	US \$	5'370
- Electricidad	US \$	1'913
- Agua	US \$	1'480
- Servicios Auxiliares	US \$	1'010
- Administración	US \$	1'274
- Intereses Pre-Operativos	US \$	969
- Capital de Trabajo	US \$	705
T O T A L .....	US \$	<u>14'602</u>

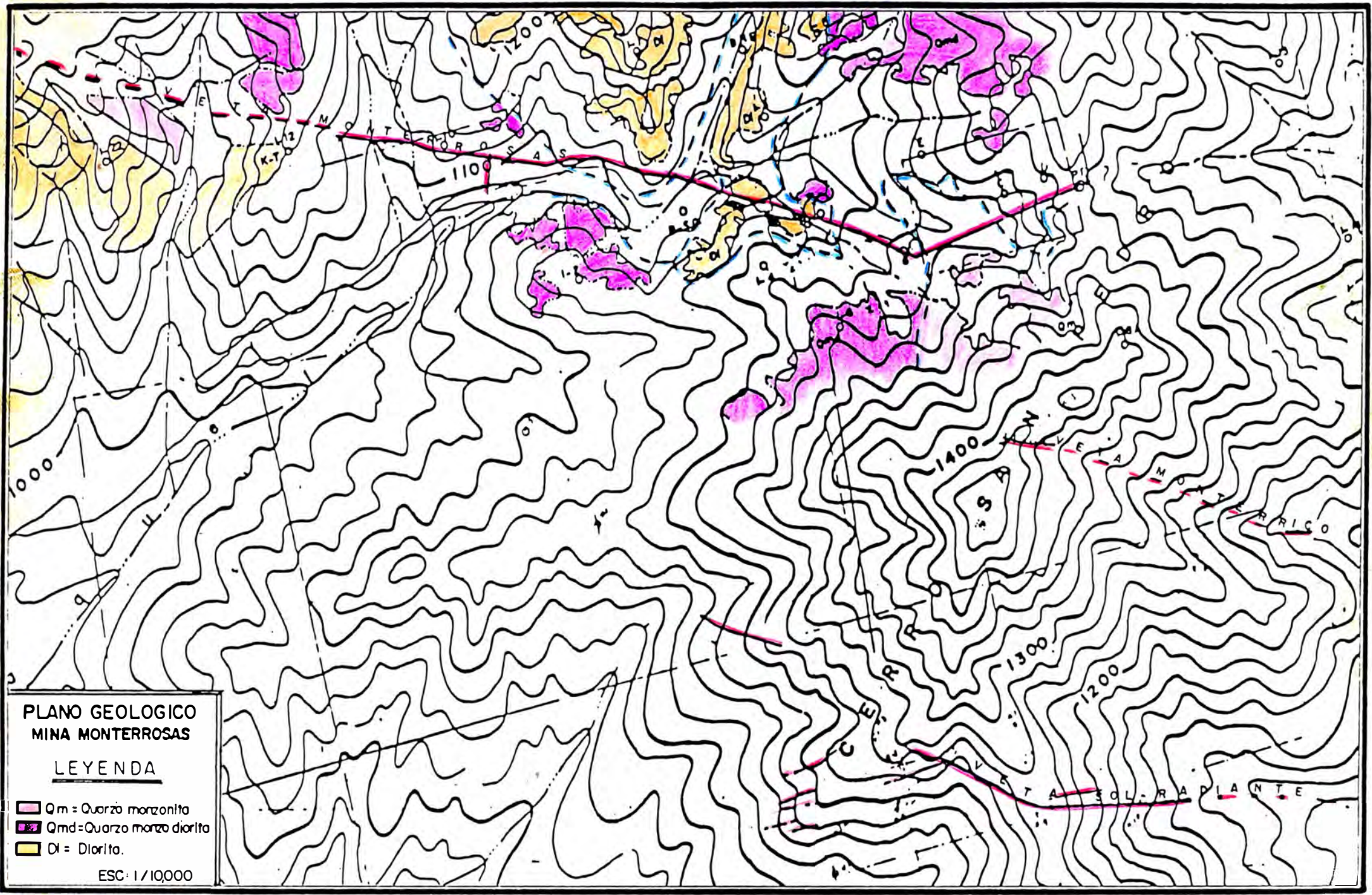
El personal de toda la empresa, incluyendo la Oficina de Lima, fué de 156 trabajadores inicialmente, para ampliarse a 166 por incremento de Plazas en Mina y Mantenimiento debido a la mayor demanda de producción, al elevarse esta a 1,000 TMS/DIA.

#### 5.0 CARACTERISTICAS GEOLOGICAS DEL AREA DE MONTERROSAS

El depósito Monterrosas, sobre el cual se ha desarrollado el Proyecto, comprende un conjunto de vetas emplazadas en un complejo de cuerpos intrusivos pertenecientes al Batolito de la Costa. En el área de la mina se han identificado las siguientes rocas: Diorita, cuarzo, monzodiorita y cuarzo monzonita.

La estructura mineralizada más importante es la Veta Monterrosas aunque existen otras menores ( Montekeka, Guillermo, etc) que aún no se han explorado debidamente.

La veta Monterrosas, aún no reconocida en su total extensión SE y NW, se caracteriza por que su mineralización económica está localizada en un Ore-Shoot de más de 450 mts, de longitud. Tiene



**PLANO GEOLOGICO  
MINA MONTERROSAS**

**LEYENDA**

- Qm = Cuarzo monzonita
- Qmd = Cuarzo monzo diorita
- Di = Diorita.

ESC: 1/10,000



La potencia del mineral económico varía entre cinco y 20 mts, extendiéndose la estructura por más de tres kilómetros de longitud.

La mineralización económica corresponde a sulfuros de cobre, principalmente a chalcopirita, bornita y chalcocita (parte superior) y algo de molibdeno en ganga de magnetita, pirita, actinolita y cuarzo. Esta mineralización se presenta en bandas masivas, vetillas y diseminación aún hacia las cajas.

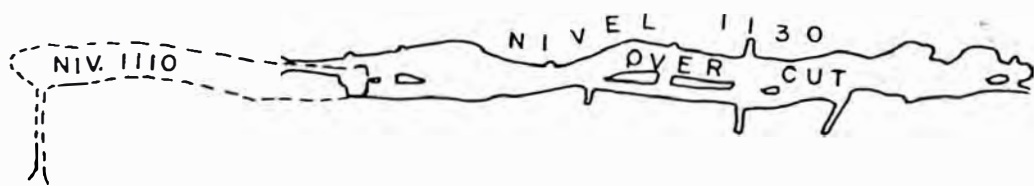
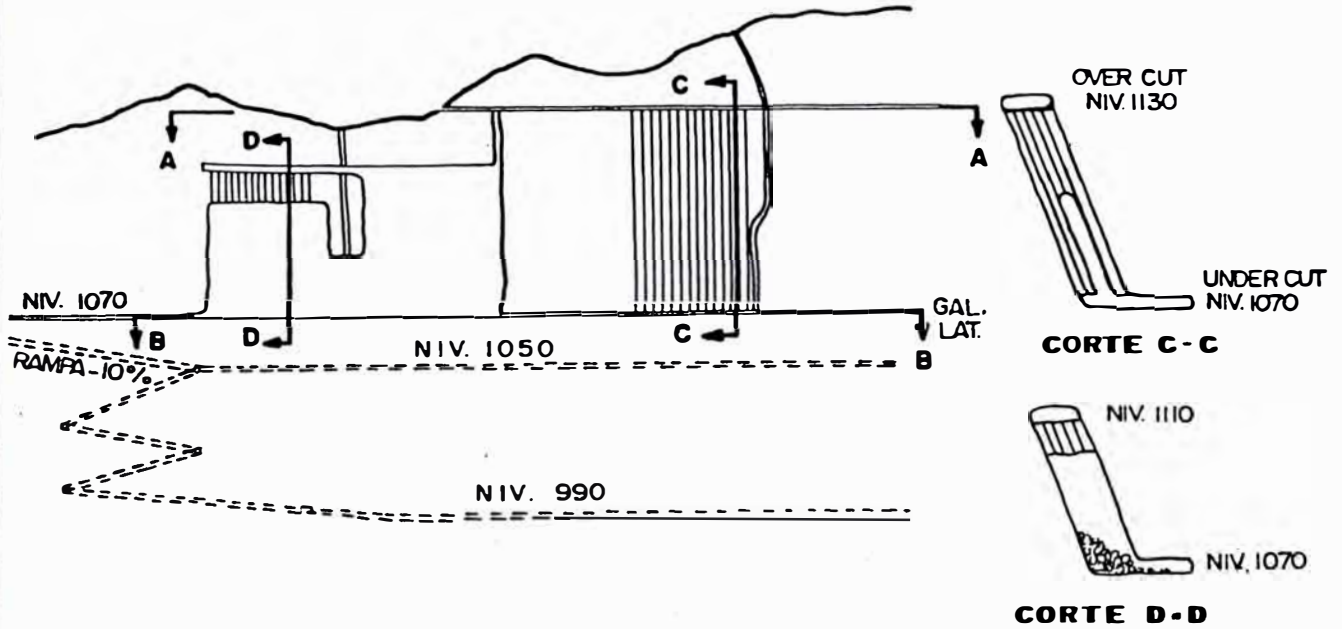
La roca encajonante la constituye la diorita en la parte central pasando a cuarzomonzodiorita y cuarzomonzonita al SE.

La mineralización económica de cobre está relacionada a la diorita y asociada a magnetita, pirita, actinolita y cuarzo.

Los trabajos de exploración y desarrollo que se han ejecutado en el yacimiento Monterrosas muestran cajas consistentes, apropiadas para una explotación por el sistema de minería sin rieles.

Los trabajos de exploración que comprendieron más de 3,000 mts, de labores subterráneas (galerías, cruceros, chimeneas y piques) permitieron cubicar alrededor de 1.3 millones de TM con 1.7 % como ley de cubicación de cobre y valores menores de oro, principalmente molibdeno y plata.

# METODO VCR DE MINADO



**CORTE A - A**



**CORTE B - B**

## 6.0 DESCRIPCION DEL METODO VCR.

### 6.1 Condiciones de Aplicación del Método.

Las características de operación del equipo Down The Hole condiciona la aplicación del método VCR, a cuerpos mineralizados de gran buzamiento y preferentemente, de gran potencia.

Los cuerpos mineralizados tienen que ser de regular potencia en la que pueda operar el equipo Down The Hole para hacer por lo menos dos hileras de taladros por sección y guardar cierta distancia de los contactos para evitar la dilución en la voladura.

Para taladros de 4" de diámetro, tomando en cuenta una malla de perforación de 1.5 x 1.5 mts, y una distancia de un metro de los contactos, el ancho óptimo sería a partir de 3.50 mts.

Para taladros de 6" de diámetro, con una malla de perforación de 3.0 x 3.0 mts. y a una distancia de los contactos de 1.5 mts., el ancho óptimo sería a partir de los 6.0 mts. Potencias menores darían lugar a una dilución del mineral.

Evidentemente los parámetros son dependientes del tipo de terreno en cuanto a dureza y condiciones estructurales se refiere, diámetro de perforación y tipo de explosivos a utilizarse.

../

La otra condición se refiere a cuerpos mineralizados de gran buzamiento. Los cuerpos verticales tendrían óptimos resultados al requerirse menor número de niveles de desarrollo, ya que prácticamente la altura de los tajeos estaría limitada al alcance de profundización de perforación del equipo Down The Hole, siempre que lo permita la competencia de cajas; además en taladros verticales la desviación de perforación es mínima.

A medida que el buzamiento disminuye, hay una mayor desviación de los taladros de perforación, por lo que los tajeos serían más cortos, requiriendo un mayor desarrollo de niveles de perforación.

## 6.2 PROCEDIMIENTO

La mina Monterrosas ha sido preparada para explotar el mineral comprendido entre los Niveles 1130 y 1070. Para el efecto se procedió de la siguiente manera:

- 6.2.1 Desarrollo de un nivel superior, en este caso el 1130 a lo largo y ancho de la estructura mineralizada para preparar una Cámara Superior de Perforación ( Over Cut), desde la cual opera la perforadora Down The Hole, con una altura mínima de 3.80 mt. ( la altura del mástil es 3.50 mts). Esta altura permite también que el mineral, producto del desarrollo, sea cargado en el mismo frente por el equipo trackless en cada avance.

6.2.2 Desarrollo de un nivel inferior, en este caso el 1070, también a todo lo largo y ancho del mineral , para preparar una Cámara Inferior de Recepción y extracción del mineral disparado ( Under-Cut).

De esta manera se determina también el buzamiento de la estructura mineralizada y por lo tanto el ángulo preciso de perforación para minimizar la dilución al momento de la voladura.

Esta cámara también lleva una altura de 3.80 mts.

6.2.3 Paralelamente a la Cámara de Recepción, y al mismo nivel, se corre sobre estéril una Galería Lateral de 3.50 x 3.00 mts., conservando una separación recomendable de 15 mts. Esta distancia es para evitar que el mineral disparado invada, obstruya y dañe las instalaciones de la galería lateral ( tuberías cables).

Es recomendable que la Galería Lateral corra por el lado de la caja piso, para evitar el riesgo de desprendimiento por erosión de la caja techo.

6.2.4 Terminada la Galería Lateral, se comunica ésta con la Cámara de Recepción a través de cruceros de 3.50 x 3.00 cada 15 metros.

6.2.5 A 20 mts, por debajo de la galería lateral se corre otra galería paralela de recolección en el nivel

.. /



# ESQUEMA METODO DE MINADO

**ORIGINAL**

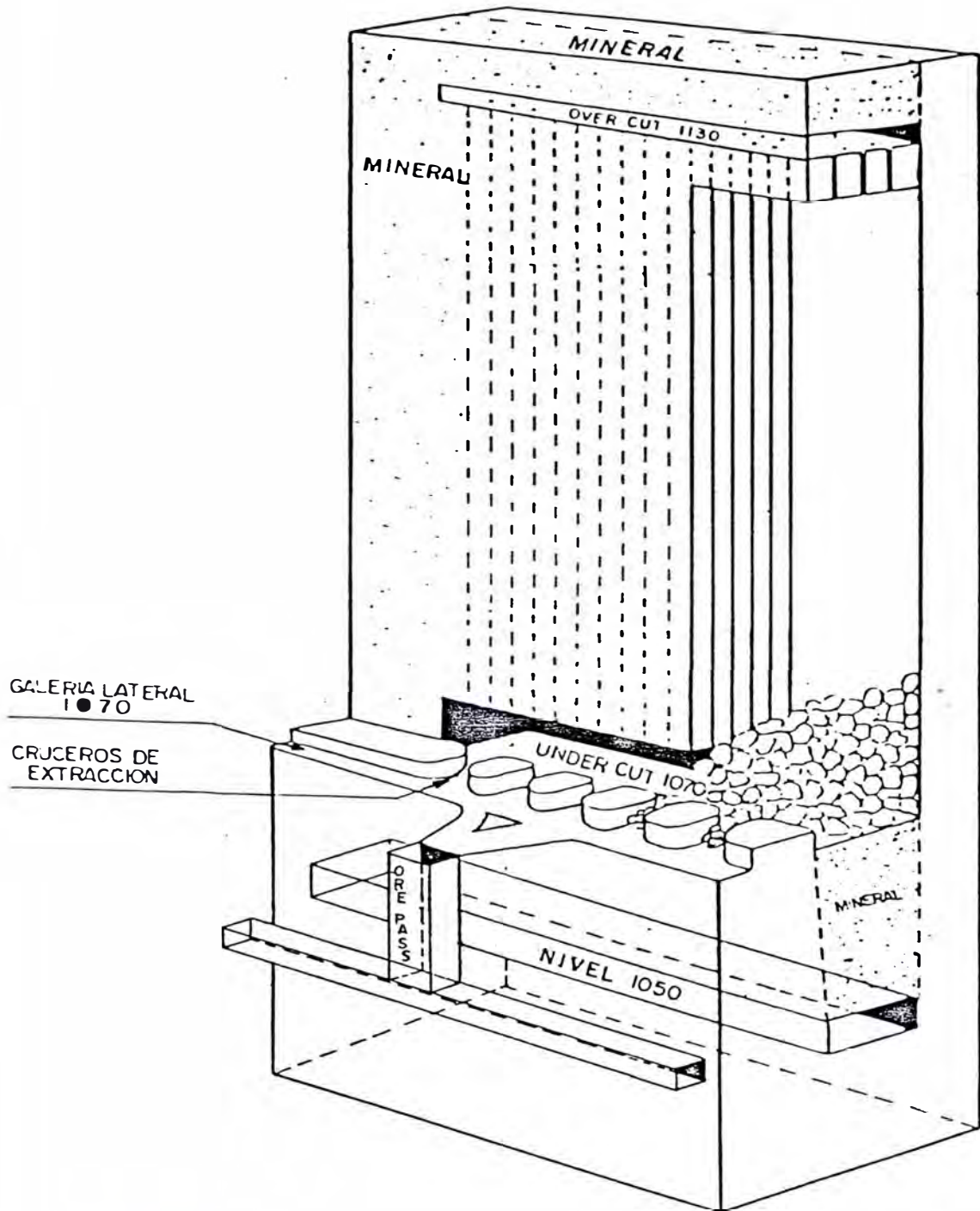


Fig. Nº 1

# ESQUEMA METODO DE MINADO

## PRIMERA VARIACION

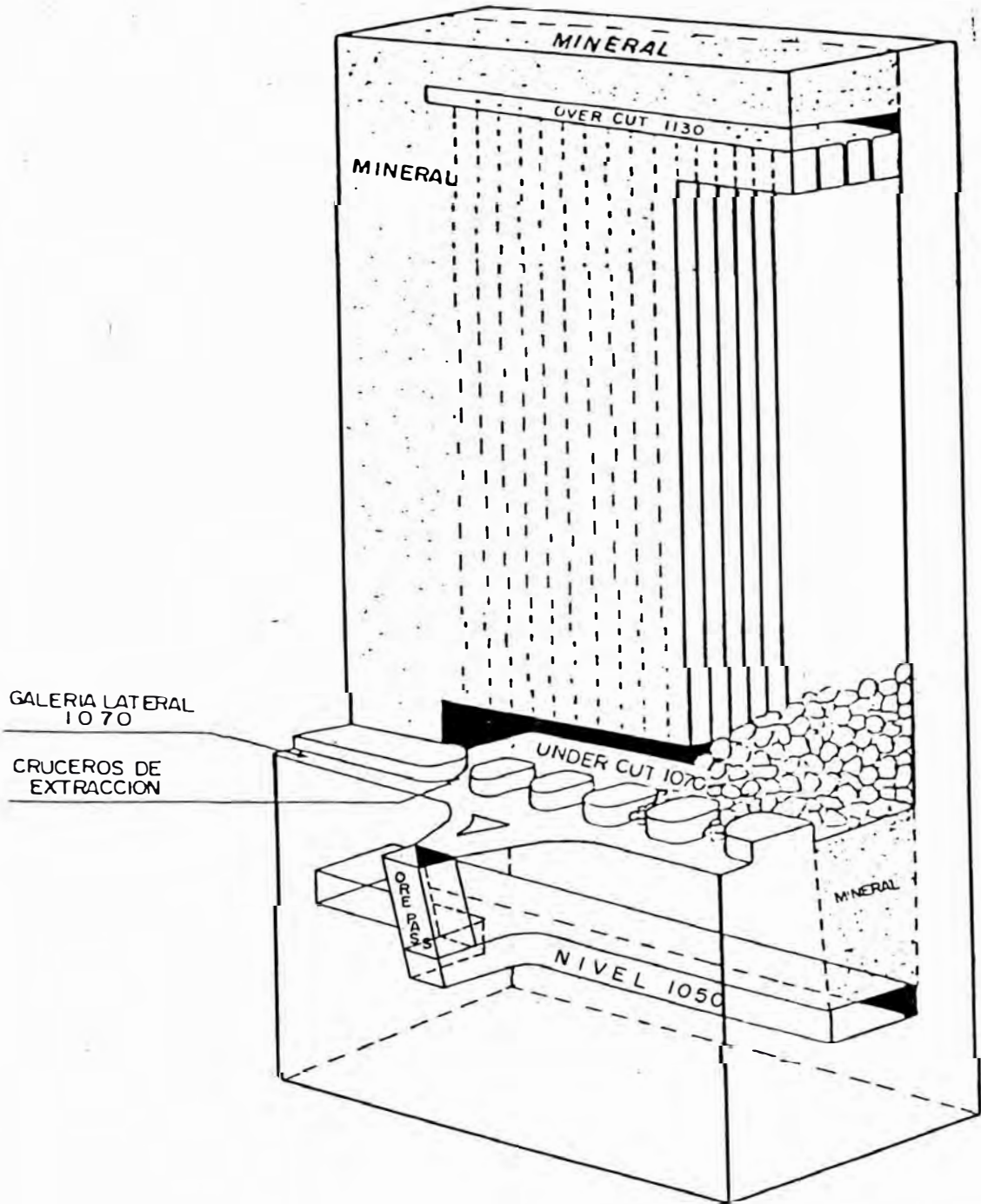


Fig. Nº 2.

1050 sobre caja que se comunica con la galería lateral superior 1070 cada 80 mts, mediante hechaderos ( Ore - Pass). Este desarrollo se hace para alcanzar una mayor productividad: el cargador no estaría esperando que regrese el volteador y éste no estaría parado esperando ser cargado; con el uso del Ore-Pass, el cargador estaría constantemente llenando el Ore-Pass y el volteador sería rápidamente cargado con el Ore-Pass; aunque con la desventaja que los volteadores tendrían que subir una rampa de 200 mts, con 10 % de gradiente al nivel 1070 de extracción. Fig. 1.

6.2.6 Al método original proyectado por los Canadienses, se realizó una primera variación de minado al eliminarse la galería de recolección del nivel 1050, en vista que siendo necesario desarrollar sobre mineral en el nivel 1050 la futura cámara ( Over-Cut) de perforación para el "Down The Hole" y 60 mts, por debajo, La Cámara inferior ( Over-Cut) repitiendo el sistema superior de minado, se decidió eliminar la galería de recolección 1050 en estéril y aprovechar el Over-Cut-1050 como nivel de recolección comunicándose a los Ore-Passes por medio de cruceros a las cajas. Fig. 2.

6.2.7 Dado el retraso en la ejecución del nivel 1050, en la actualidad se ha realizado una segunda variación al método original de minado, el carguio de los volquetes se realiza en el mismo nivel 1070 mediante rampas metálicas

.. /

# ESQUEMA METODO DE MINADO

## SEGUNDA VARIACION

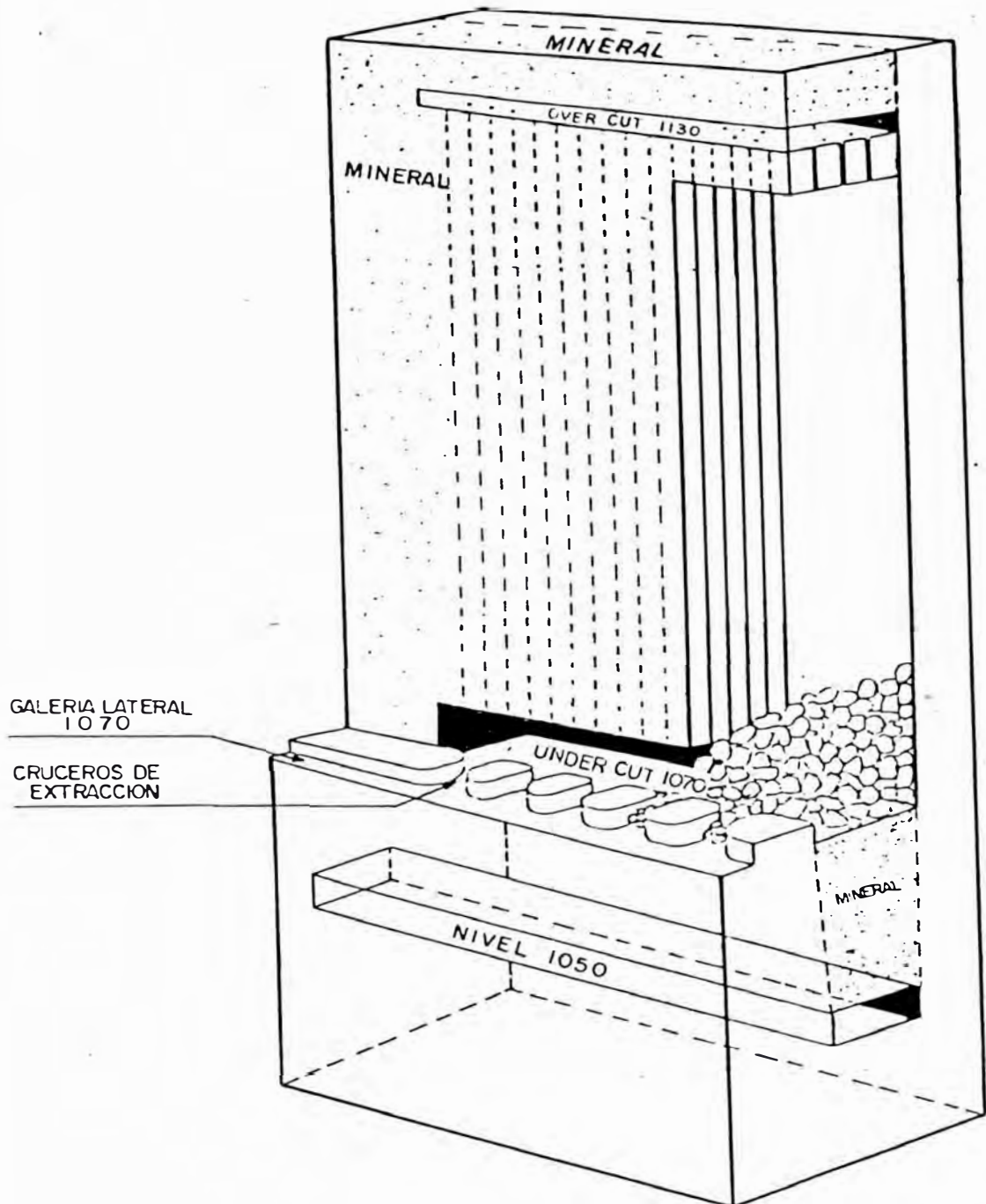
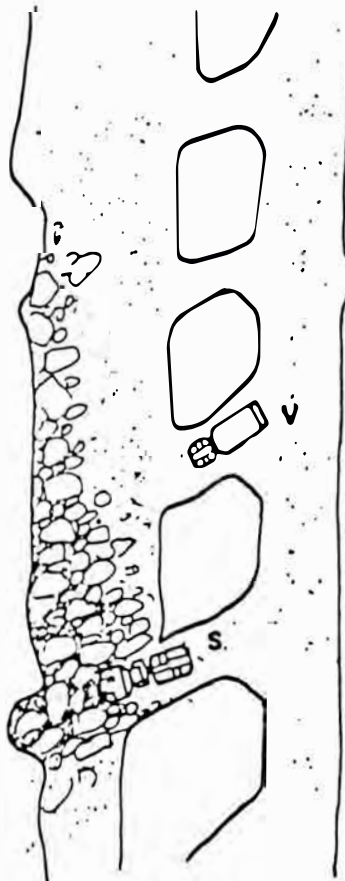


Fig. N° 3

**SECUENCIA 1.-**

S - SCOOP LLENANDO CUCHARON.

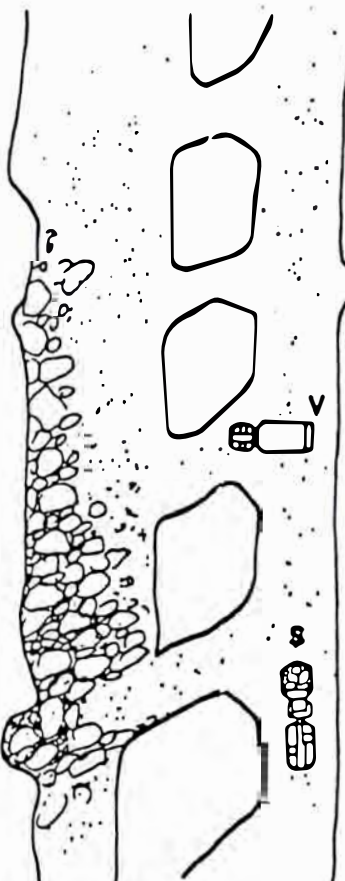
V - VOLQUETE ACERCANDOSE AL CRUCERO DE CARGUIO.



**SECUENCIA 2.-**

S - SCOOP RETROCEDIENDO.

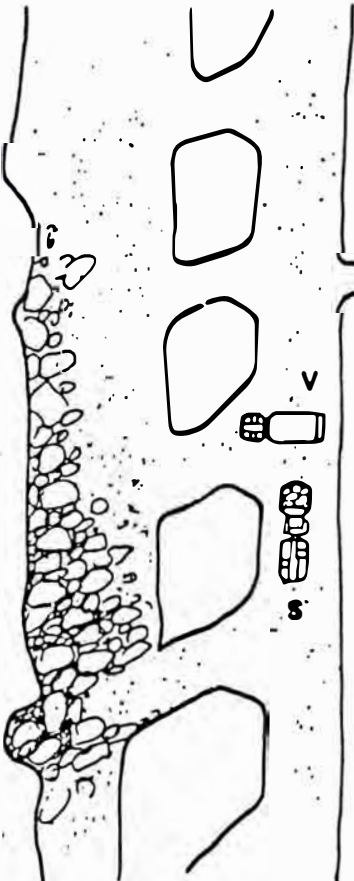
V - VOLQUETE CUADRANDOSE.



**SECUENCIA 3.-**

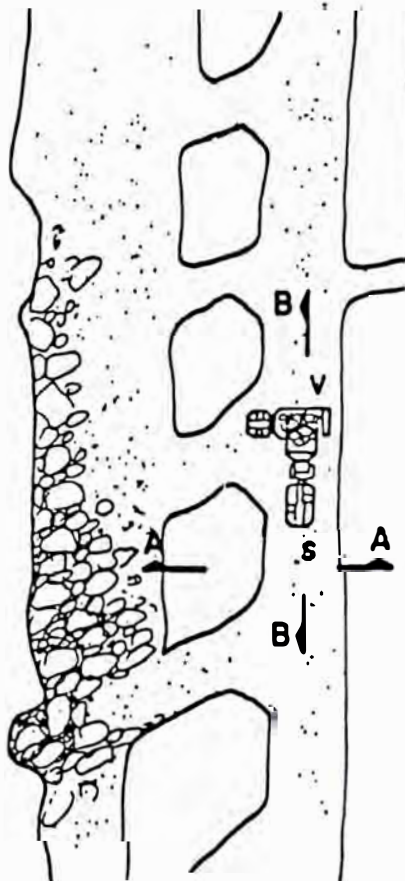
S - SCOOP ACERCANDOSE AL VOLQUETE.

V - VOLQUETE ESPERANDO SER CARGADO.



**SECUENCIA 4.-**

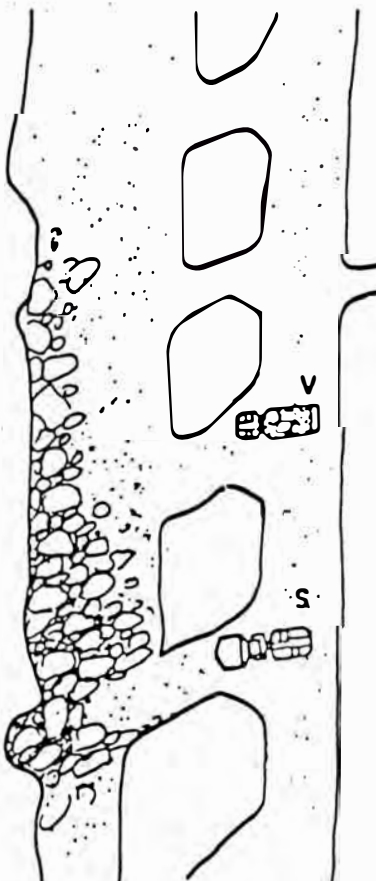
S - SCOOP CARGANDO VOLQUETE.



**SECUENCIA 5.-**

S - SCOOP INGRESANDO CRUCERO PARA CARGAR CUCHARA.

V - VOLQUETE ESPERANDO SEGUNDA CUCHARADA.



**CARGUIO DE MINERAL DE TAJEO  
MINA MONTERROSAS**



CORTE A-A

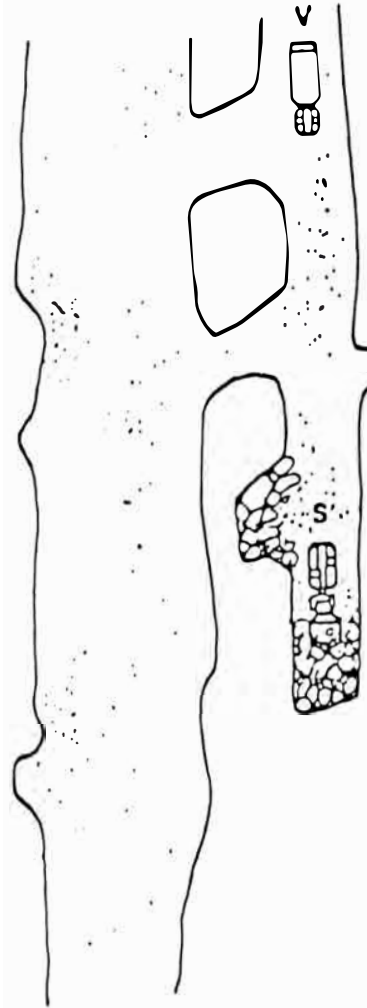


CORTE B-B

Fig. N° 4

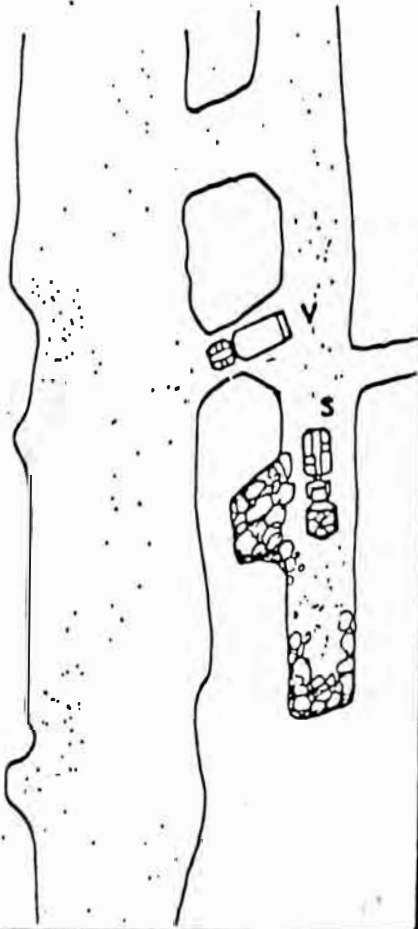
**SECUENCIA 1.-**

S - SCOOP LLENANDO CUCHARA.  
V - VOLQUETE ACERCANDOSE AL CRUCERO DE CARGUIO.



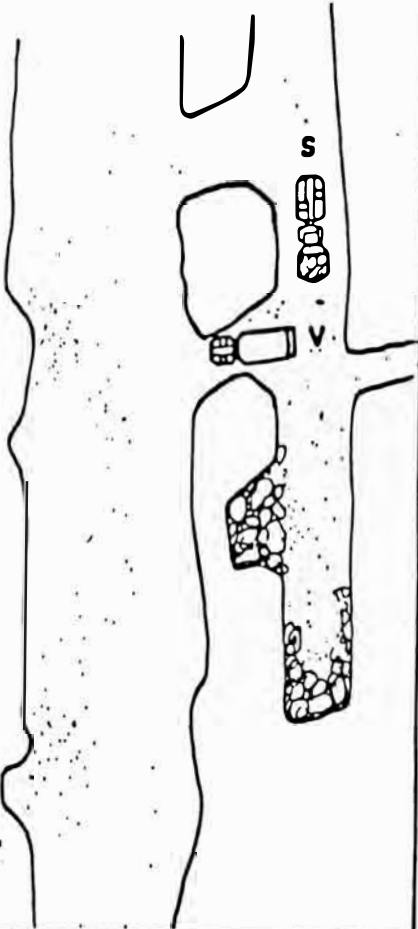
**SECUENCIA 2.-**

S - SCOOP RETROCEDIENDO.  
V - VOLQUETE CUADRANDOSE.



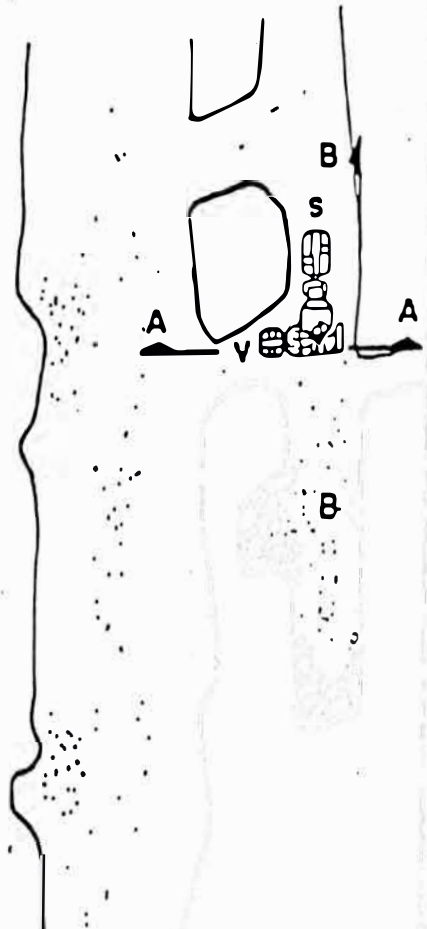
**SECUENCIA 3. -**

S - SCOOP ESPERANDO VOLQUETE RETROCEDA.  
V - VOLQUETE RETROCEDIENDO.



**SECUENCIA 4.-**

S - SCOOP CARGANDO VOLQUETE.



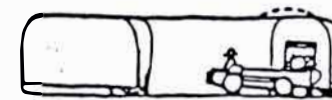
**SECUENCIA 5.-**

S - SCOOP ESPERANDO PASE PARA SEGUNDA CUCHARADA.  
V - VOLQUETE INGRESA AL CRUCERO PARA DAR PASE AL SCOOP.

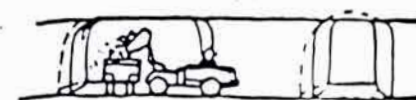


**CARGUIO DE MATERIAL DE CRUCEROS Y GALERIA LATERAL  
MINA MONTERROSAS**

Fig. N° 5



CORTE A-A



CORTE B-B



portatiles para los Scoops Trams, de esta manera se ha independizado el nivel 1050. Fig. N<sup>o</sup> 3, 4 y 5.

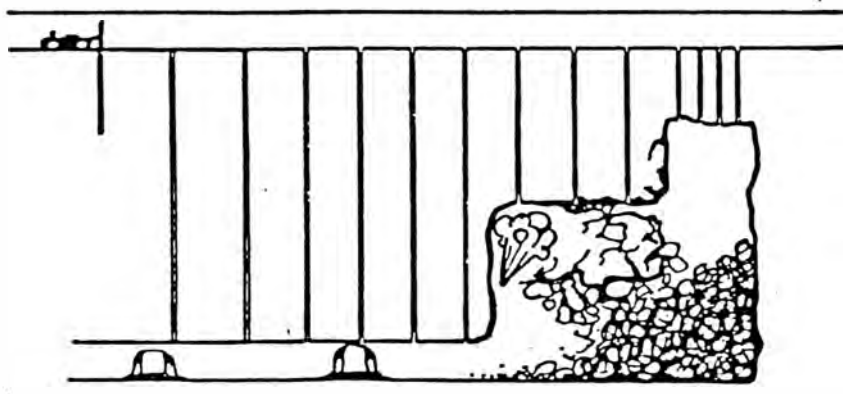
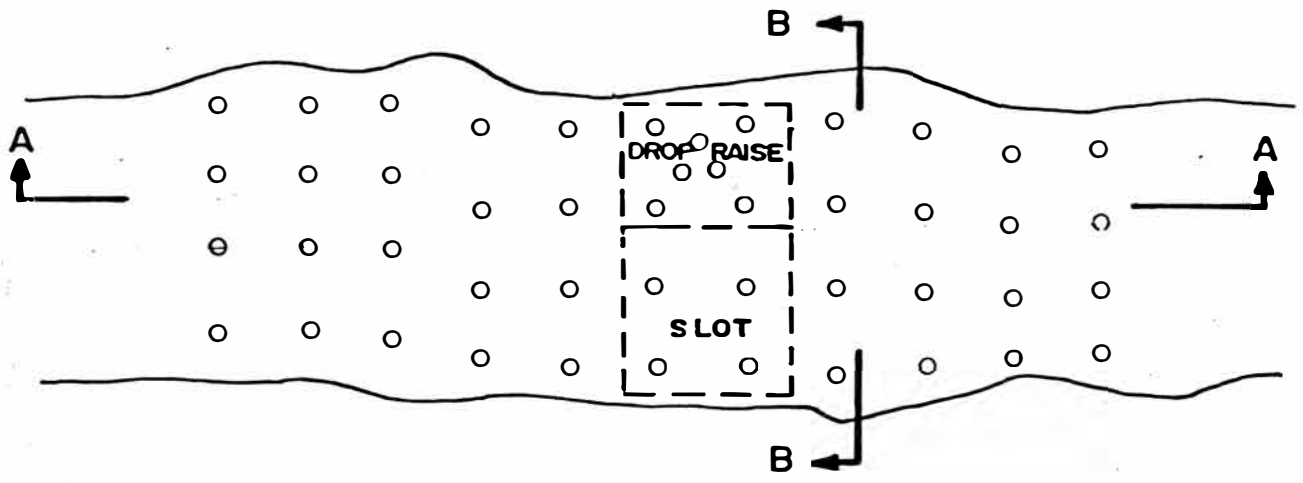
- 6.2.8 La segunda etapa de minado se repite al desarrollar el Over-Cut del nivel 1050 y el Under-Cut en el nivel 990 comunicándose a través de una rampa de 600 mts ( 10 % de gradiente para descender 60 mts) en espiral. La tercera gran variación ha sido proyectar una rampa en forma triangular que nos permitirá reconocer sin costo alguno fuera de Monterrosas casi 300 mts pudiendo ser hacia el Norte ó hacia el Sur, además que la rampa llegaría al nivel 990 al centro de masa, permitiendo un menor recorrido del mineral para subir al nivel 1050 si la rampa estuviera en un extremo del yacimiento, teniendo otras ventajas adicionales de que una rampa recta es más fácil de avanzar con menor sobre-desarrollo y control topográfico si fuera en espiral, teniendo mejor visibilidad operativa de avance, menor desgaste de llanta por el derrape en espiral, siendo lo único desventajoso su ventilación hasta que baje al nivel 990 que recién estaría comunicado por una chimenea de ventilación al nivel 1050 sobre mineral. Fig.N<sup>o</sup> 6.

- 6.2.9 El trabajo posterior a las labores indicadas viene a ser la perforación de taladros, de nivel a nivel, con la máquina Down The Hole. En el caso de Monterrosas, los taladros son perforados con 6" de diámetro.

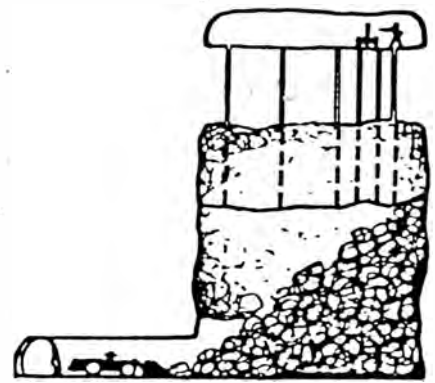
Como se ha indicado anteriormente, la malla de perforación está ligada al diámetro del taladro y también a la



METODO COMBINADO DE VOLADURA DE CRATERES INVERTIDOS (VCR) CON VOLADURA DE BANCOS INVERTIDOS EN RETROCESOS



CORTE A-A



CORTE B-B

Fig. N° 7

# VOLADURA DE CRATERES INVERTIDOS

## EN RETROCESO

( **V C R** )

### CARGUIO DE UN TALADRO DE 6" DE DIAMETRO

FACTOR DE POTENCIA :  $525 / 1.20 = 4.38 \text{ lbs/Ton.}$

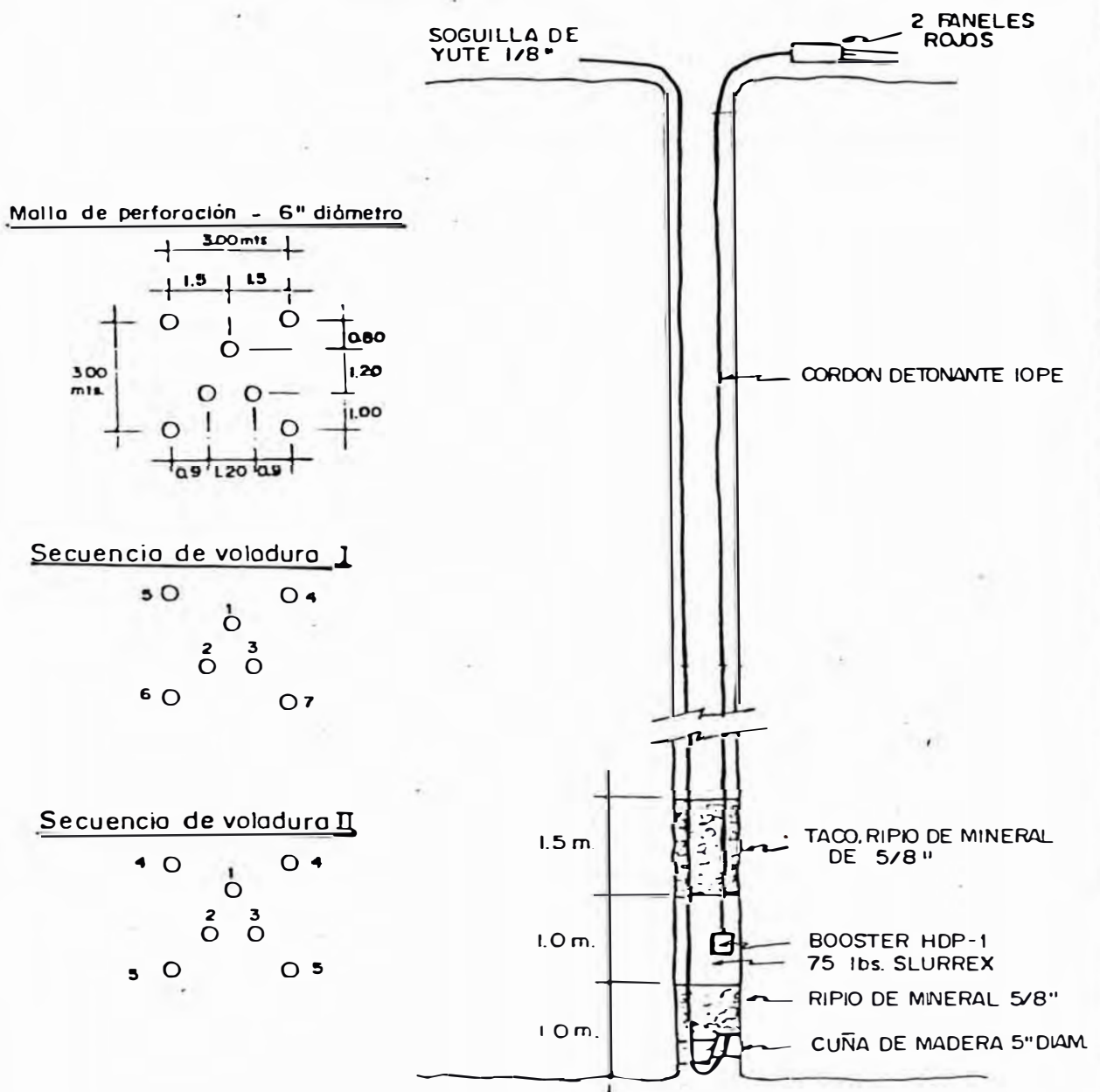


Fig. N° 8

# VOLADURA DE BANCOS INVERTIDOS EN RETROCESO

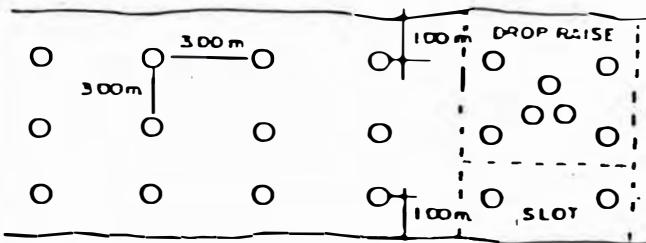
## CARGUIO DE UN TALADRO- 6" DIAMETRO

FACTOR DE POTENCIA :  $397/376 = 1.06 \text{ lb/Ton.}$

SOGUILLA DE YUTE 1/8"

2 FANELES ROJOS

### Malla de perforación - 6" diámetro



### Secuencia de voladura

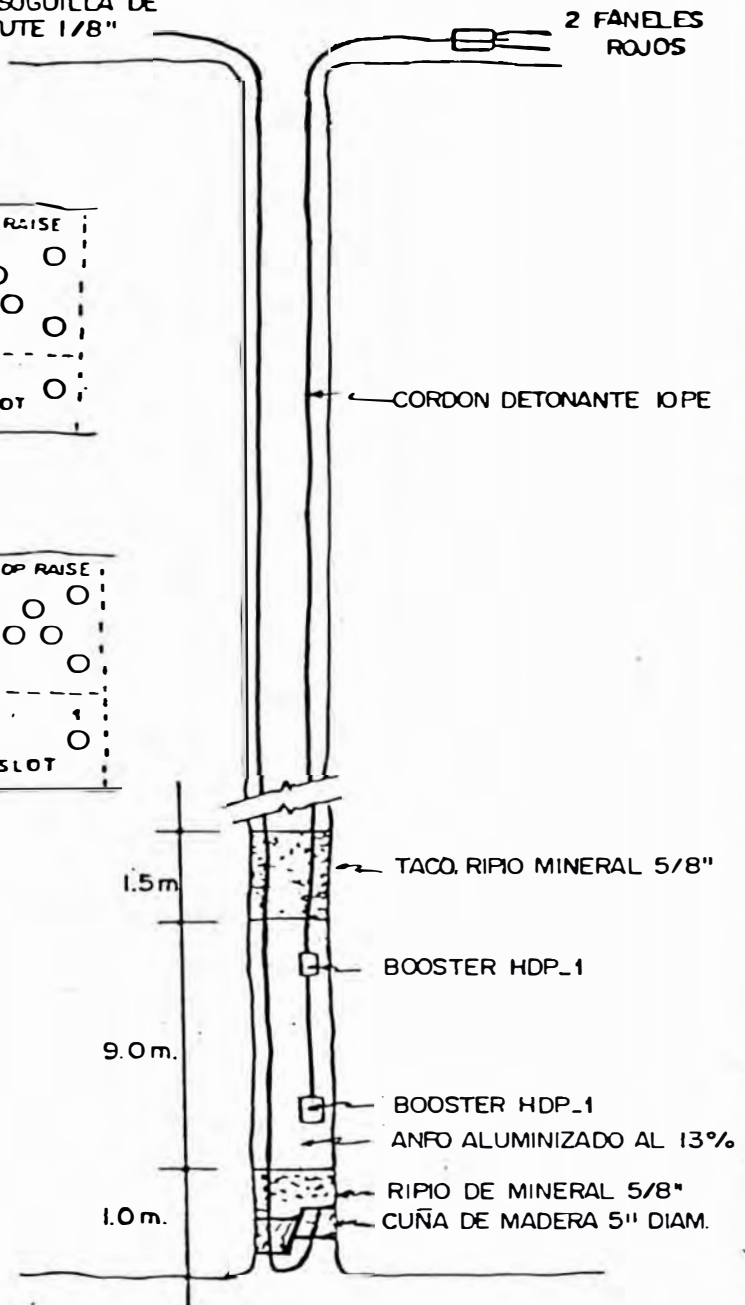
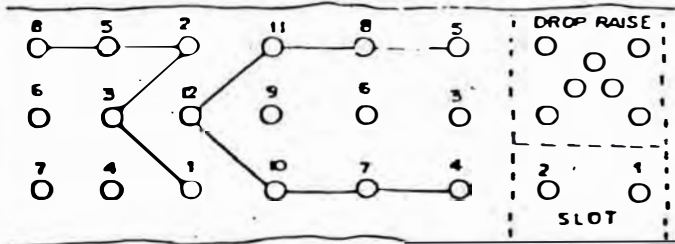


Fig. N° 9

potencia de la estructura mineralizada.

De cualquier manera, la malla debe seguir la dirección de la veta, para cuyo fin se hacen levantamientos topográficos y en gabinete, se planea la ubicación de las diversas secciones transversales que corresponden a cada hilera. Con ello se logrará la dirección ó inclinación adecuada de cada taladro.

- 6.2.10 Con el fin de tener cara libre para los disparos, se prepara una chimenea ( Drop Raise), para cuyo efecto se toma el cuadrilátero formado por cuatro taladros y dentro del mismo se perfora otros tres, como se indica en la figura N<sup>o</sup> 8.

Una vez perforado el tajeo, puede procederse al carguio y voladura, empezando obviamente por el Drop Raise, luego el " Slot" ( extensión del Drop Raise hacia las paredes de la estructura) y finalmente las rebanadas horizontales ó " Slides" de explotación.

- 6.2.11 En las figuras N<sup>o</sup> 7, 8 y 9 se aprecia el sistema de carguio tanto para el Drop Raise como para el tajeo propiamente dicho. El sistema es muy similar para ambos casos, como puede apreciarse, con la diferencia de que el Drop Raise se carga para rebanadas de tres metros, en tanto que para tajeos la rebanada ( más que rebanada podríamos decir banco) es de 10 mts. Esto último es una innovación que viene probándose con éxito.

Por tener sólo una cara libre, que es hacia abajo, el Drop Raise se carga con explosivo de mayor potencia como el Slurrex, en tanto que para tajar se emplea ANFO aluminizado.

Al mayor ancho de la rebanada de tajeo hace necesario usar dos Booster HDP 1 contra uno solo que se usa para el Drop Raise. Obviamente, al disparar rebanadas de diez metros se ahorra cordón detonante, booster, faneles y tapones.

El carguio y disparo se efectúan de tal manera que las rebanadas van produciéndose de abajo hacia arriba.

6.2.12 El material desprendido cae sobre el Under-Cut (Cámara de Recepción) y forma un talud natural para desplazarse hacia los costados y salir por los cruceros para su extracción por la galería lateral.

Este talud natural es recuperado al final de la explotación usando Scoop Trams guiados a control remoto, debido a que el operador estaría expuesto a un techo demasiado alto.

6.2.13 Como regla general es recomendable que el orden de explotación de los tajeos sea desde adentro (final de la mineralización), hacia afuera, es decir en retirada haciendo más ágil la preparación y desarrollo de otras labores.

6.2.14 La gran flexibilidad del método, nos permite hacer una gran selección de la voladura de taladros de baja ley que

# SECCION 20-20

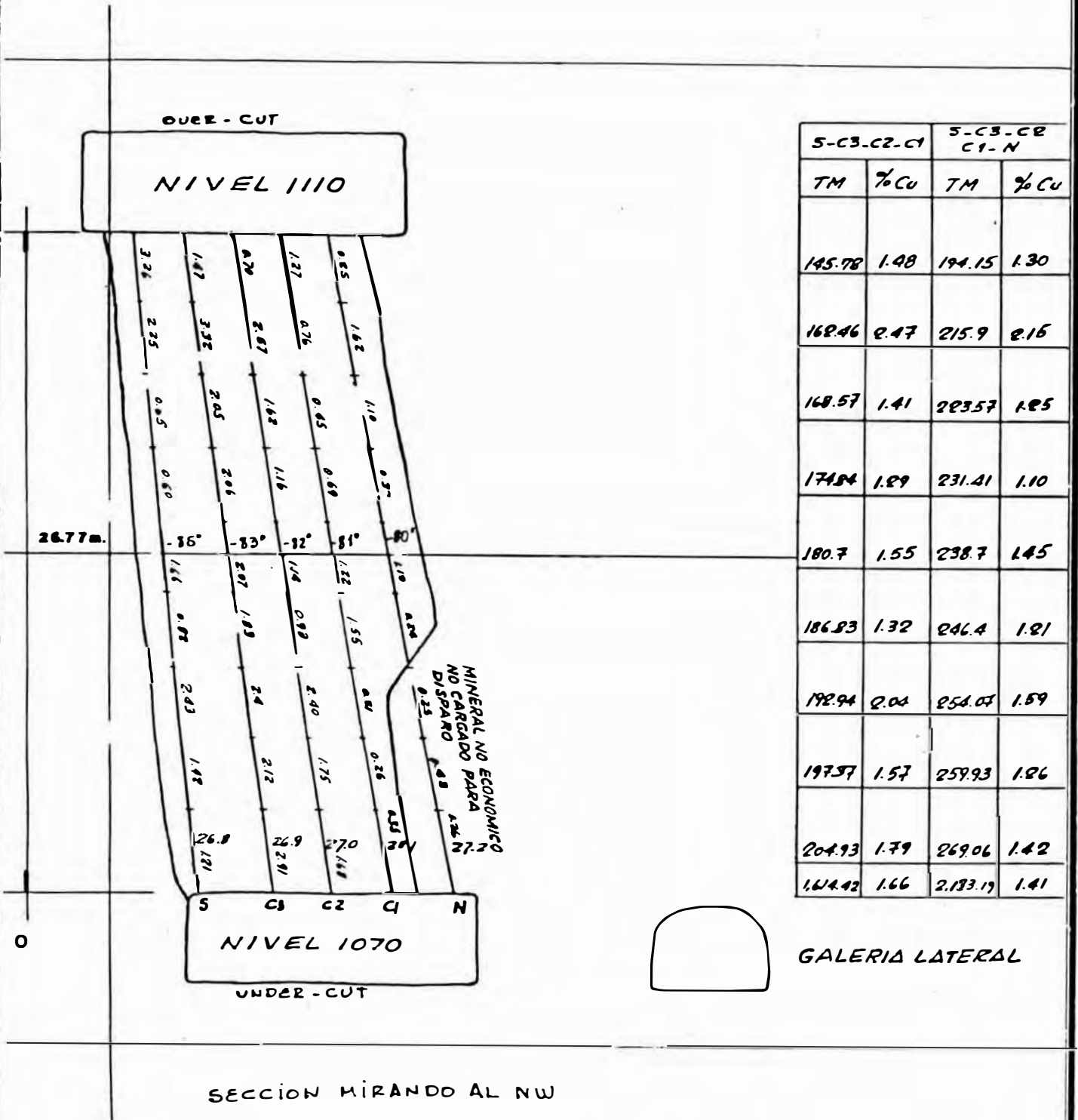


Fig. N° 10

normalmente se encuentra al perforar cerca de las cajas ya que hay una gradación de la ley de cobre hacia las cajas.

Como podrá verse en la sección algunos taladros contienen mineral de alta y baja ley, pudiendo cargarse sólo la parte económica y dejar el resto sin extraerse para evitar la dilución. Fig.Nº 10.

Es recomendable que la voladura de la 1ª rebanada no sea mayor a 4 mts, a fin de evitar la sobre rotura hacia las cajas en especial hacia las intersecciones con los cruces, esto ha dado lugar también que los taladros cerca de las cajas sean perforados a 1.5 mts. del contacto a fin de evitar la dilución y erosión del tajeo hacia los cruceros.

### 6.3 EQUIPO EMPLEADO

Un Jumbo Hidráulico Boomer H-115 Atlas Copco de dos brazos con martillo hidráulico cop-1132, brocas de 1.5/8" y barras de 13' 1" de long. Utilizado para desarrollo y preparación mina: Over Cut, galería lateral, cruceros, rampas y Under - Cut.

Una perforadora Down The Hole ROC-306 Atlas Copco con martillo COP-62 de alta presión 250 PSI y diámetro de brocas de 6" y 6.1/2". Utilizado para perforar los tajeos de 60 metros de longitud.

Un compresor estacionario ER-618 Atlas Copco de alta presión 250 PSI, para operar la ROC-306.

Tres cargadores Scoop Trams de Wagner ST-3.1/2" de bajo perfil.

Tres volquetes Tele Trams de Wagner MT-413-30 de bajo perfil de 12 tons, de capacidad.

Una Motoniveladora FIAT de bajo perfil para mantenimiento de rampas y galerías.

6.3.1 Evidentemente, la pieza clave para desarrollar el método VCR es la perforadora Down The Hole.

Para la explotación prevista de 750 TMS/DIA, es suficiente una máquina en la medida en que la preparación de los tajeos se efectue con suficiente anticipación.

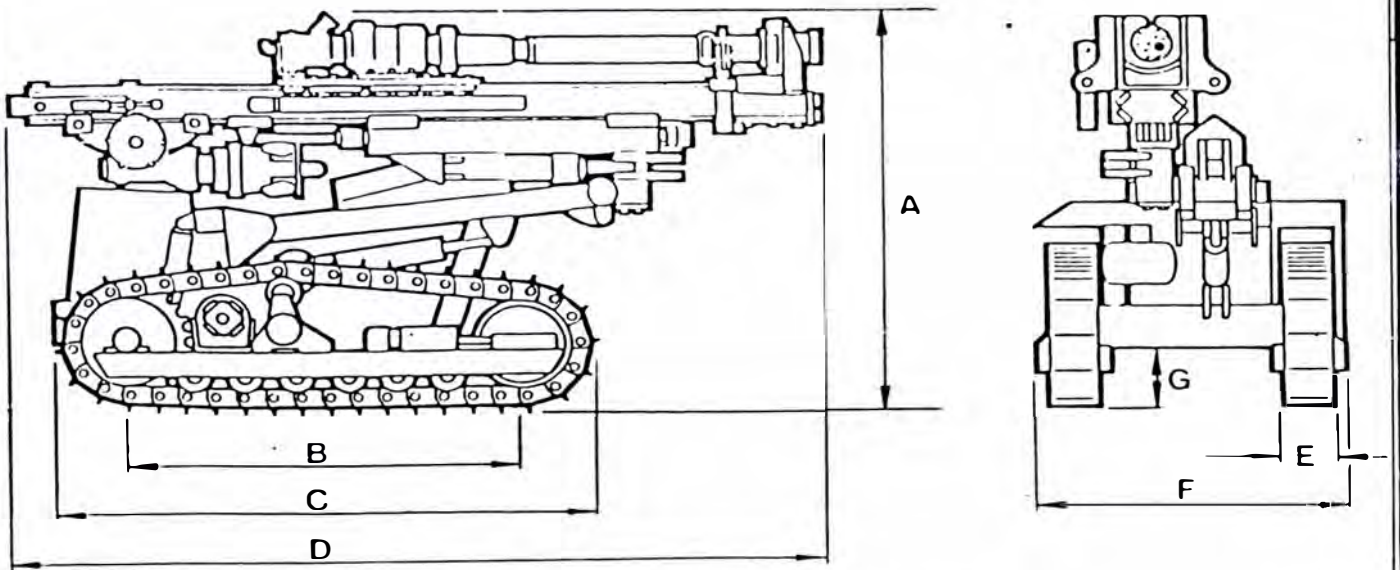
La utilización de este tipo de máquina en la minería subterránea es limitada y se reduce casi exclusivamente a labores de servicio como chimeneas, conexiones, huecos para cables y tuberías, drenaje, etc.

De ahí que la experiencia sobre su utilización y manejo sea muy reducida tanto a nivel de operador como de supervisor.

Esto explica en parte el atraso en la preparación de tajeos en Monterrosas.



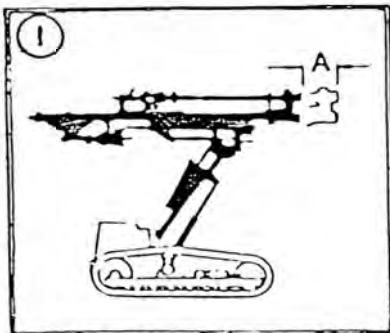
# CROQUIS DIMENSIONAL ROC - 306



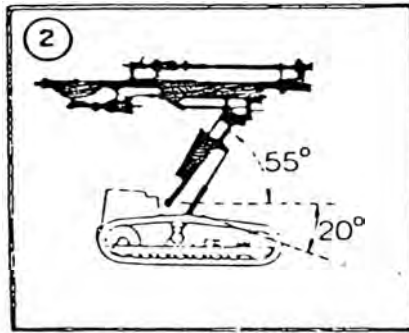
Dimensiones	A	B	C	D	E	F	G
mm	2000	1830	2490	3500	200	1420	350
pulg	79	72	98	138	8	56	13.8

## MOVIMIENTOS DEL SISTEMA DEL EQUIPO

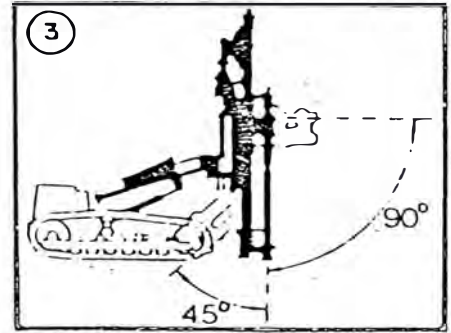
## ROC-306



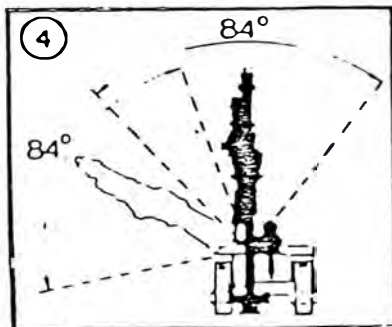
EXTENSION DEL MASTIL.  
A = 450 mm (18 pulgadas)



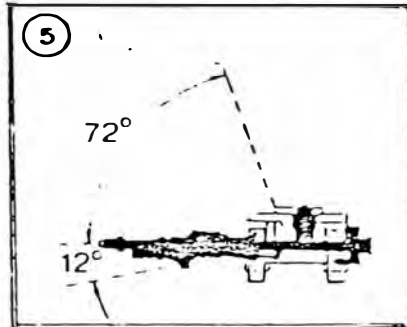
EL BRAZO PUEDE SUBIR 55° SOBRE LA HORIZONTAL O BAJAR 20°.



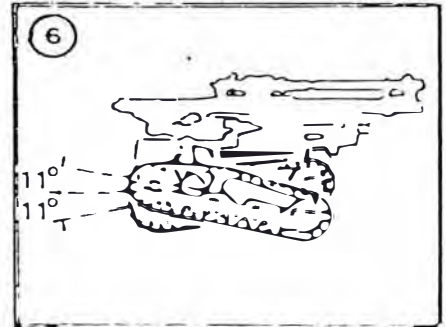
EL MASTIL PUEDE GIRAR 135°.



EL MASTIL PUEDE BASCULAR 84° EN DOS SECTORES DISTINTOS.



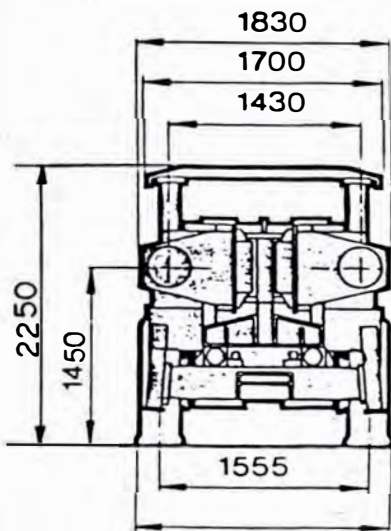
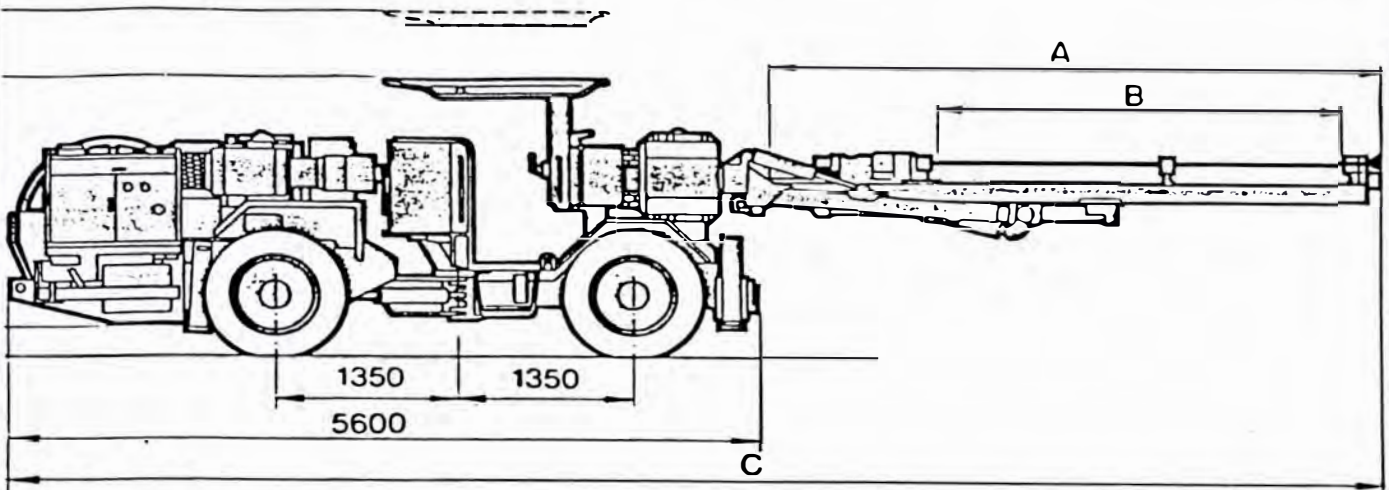
CAMBIANDO LAS CONEXIONES, EL MASTIL PUEDE BASCULAR 72° SOBRE LA HORIZONTAL O BAJAR 12°.



LAS ORUGAS PUEDEN SUBIR O BAJAR 11° SOBRE LA HORIZONTAL.

Fig. N° 11

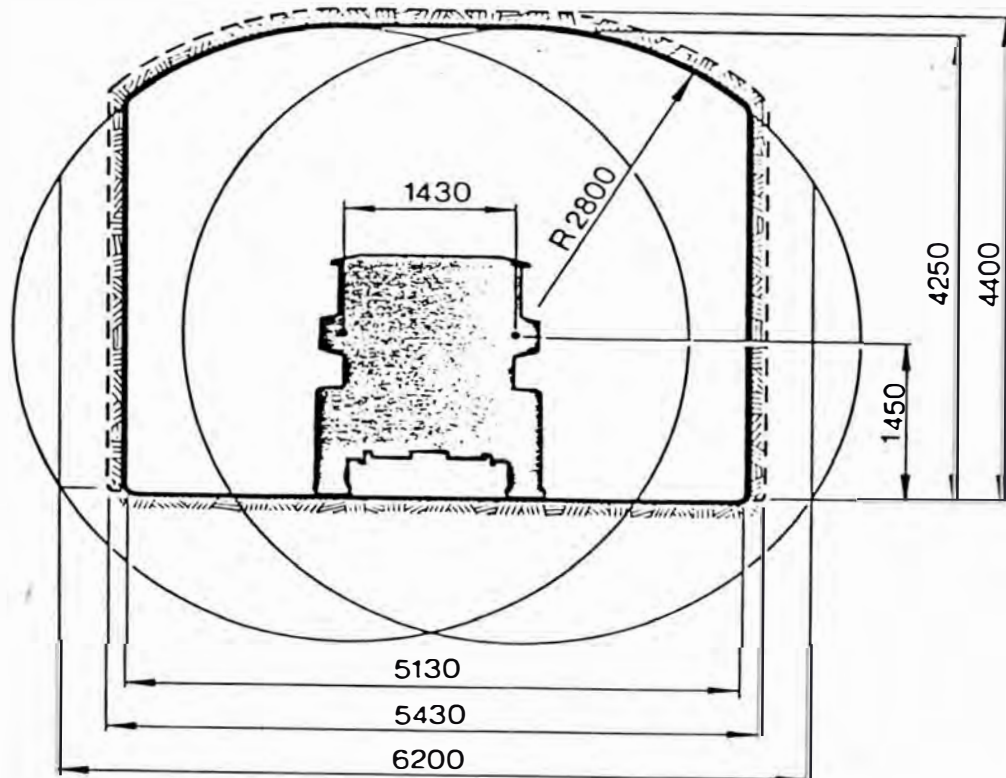
# BOOMER H-115 CROQUIS DIMENSIONAL



## Dimensiones

Deslizadera	Longitud A	Carrera B	Barrena	Longitud total del carro C
BMH 111	4340 mm	2780 mm	3090 mm	10,1 m
BMH 112	4815 mm	3385 mm	3700 mm	10,6 m
BMH 113	5140 mm	3695 mm	4005 mm	10,9 m
BMH 114	5420 mm	3995 mm	4305 mm	11,2 m

## MOVIMIENTOS DEL SISTEMA DEL EQUIPO BOOMER H-115



Cobertura máx. con barrenos paralelos: 6,20 x 4,25 m

Fig. N° 12

La máquina seleccionada para este propósito fué una del tipo ROC-306 con perforadora COP-62 para trabajar a 230-260-PSI y consumo de aire de 700-750 Pies<sup>3</sup>/min., con una compresora ER-618.

La tubería de perforación es de 5' de longitud y 4.1/2" de diámetro para brocas de 6" y 6.1/2".

Las características dimensionales de la máquina pueden apreciarse en la figura N<sup>o</sup> 11.

6.3.2 El desarrollo de la mina se realiza con un Jumbo Electro Hidráulico Boomer H-115 de dos brazos hidráulicos BUT-6 y dos perforadoras hidráulicas semi-pesadas COP-1032 HD, con barrenos de 13' 1" de longitud y brocas de 1.5/8". Fig.N<sup>o</sup> 12.

6.3.3 El carguio y transporte del mineral y material estéril se realiza con tres Scoop Trans y tres volquetes. Para subir a 1,000 TMS/DIA se ha ordenado la adquisición de otro volquete de bajo perfil de 12 tons.

#### 6.4 MATERIAL NECESARIO

El material más importante es indudablemente el explosivo. Según se trate de Drop Raise, rebanada ó banco, se usa Slurrex ó ANFO aluminizado, además de cordones detonantes, faneles y booster.

El porcentaje de aluminio depende de la potencia que se necesite para lograr la fracturación deseada. Para la malla de 3.0 x 3.0 mts. en Monterrosas se emplea aluminio al 10 % en zonas de dureza media y al 13 % en zonas duras.

Con el fin de permitir la carga del taladro se usa cuñas de madera cilíndricas cortadas diagonalmente para poder ajustarse usando soguillas de yute como se aprecia en el croquis sobre voladura. Figura N<sup>o</sup> 8 y 9.

Como taco se usa mineral fino de  $-5/8$ " tanto encima ( 1.5 metros) como debajo de la carga del explosivo.

## 6.5 MANO DE OBRA

Dada la alta productividad del Método VCR, el empleo de mano de obra es reducido.

La concepción original para una producción de 750 TMS/día consideró el siguiente personal obrero para trabajo en mina en dos turnos de ocho horas.

	2	Capataces
	4	Perforistas
	6	Operadores de Scoop Trams
	6	Operadores de Volquetes
	2	Disparadores
	2	Compresoristas
	2	Operadores de Balanza
	2	Bodegueros
	10	Ayudantes
	2	Oficiales
TOTAL .....	<u>38</u>	Obreros.

Posteriormente, al elevarse la producción a 1,000 TMS/día y continuar la preparación de mina, ha debido incrementarse este número a 50 obreros para tres turnos de ocho horas.

La menor experiencia del personal también ha influido en la mayor demanda. Sin embargo, la productividad obtenida es una de las más altas, sino la más alta en minería subterránea del Perú y de Sud-América: 16 TM/hombre-guardia, incluyendo personal supervisor y empleados de la Superintendencia de Mina (topógrafo, dibujante, asistente y personal de geología).

## 7.0 DESARROLLO DE LOS TRABAJOS

Como se mencionó anteriormente, la mina tiene dos niveles para operar: el 1130 y el 1070, 60 metros por debajo.

La razón por la que no pudo iniciarse la explotación en retirada, como debió ser, es que la preparación en los Niveles 1130 y 1070 aún no había llegado al límite de la mineralización.

Con el fin de ganar tiempo en la producción y evitar problemas de estabilidad del terreno comprendido entre la bocamina del Nivel 1130 y el Nivel 1070, se construyó el sub-nivel 1110 ( 20 metros por debajo del nivel 1130 y 40 metros sobre el 1070), que permitiría, además, realizar pruebas de explotación, ya que el método VCR presentaba diversas incógnitas que deberían despejarse ( fracturación, diámetro de taladro, tipo y cantidad de explosivos, longitud de carguio, espaciamiento de malla, orientación de la misma, estabilidad del terreno, etc).

Otro objeto del sub-nivel 1110 fué permitir el adiestramiento del personal en la perforación de taladros de gran longitud ( 60 mts), empezando con longitudes de 25-28 mts., toda vez que el éxito en la aplicación del método VCR depende de la precisión con que se perfore, esto es un mínimo de desviación.

Los resultados de la investigación alcanzaron prácticamente todos sus objetivos a pesar de haberse presentado algunos problemas en el órden operativo, atribuibles más que nada a la nueva experiencia que se tradujo en demoras difíciles de recuperar.

Entre los problemas operativos se tuvo:

Colocación y renovación de líneas de agua, aire y electricidad en cada disparo, ya que la explotación debe hacerse desde adentro hacia afuera.

Reducida distancia entre la Galería Lateral y el Under Cut, razón por la cual el mineral disparado invadía la Galería Lateral. Se determina en 15 mts, la distancia ideal.

El Pique Monterrosas está ubicado justamente al centro de la zona de pruebas, creando riesgo de inestabilidad.

Contaminación porque los trabajos se realizaban cerca de la bocamina.

#### PERFORACION

La máquina Down The Hole empezó a perforar taladros de 28 mts, en febrero de 1,982 en el Sub-Nivel 1110. La malla inicial de perforación fué de 2.00 x 2.50 mts, que producía 19 Tt/mt, perforado.

../

La falta de experiencia en el trabajo con ésta máquina en los tres primeros meses originó un avance lento: 2.315 mts, perforados, de los cuales debieron descartarse 166 mts, por baja ley del mineral perforado. Esto significaba una preparación de sólo 16,000 Ton/mes, que no atendía la demanda de la operación. Esta lentitud y el hecho de haberse controlado la fracturación llevaron a la decisión de ampliar la malla a 2.50 x 3.00 mts, en la otra mitad del tajeo sub-nivel 1110, usando explosivos de mayor potencia. Esta nueva malla producía aproximadamente 28 tons.por metro perforado.

Entre mayo, junio y julio se perforó un promedio de 1,586 mts/mes, debiendo descontarse más de 400 mts, de taladros de baja ley, es decir una preparación de 32,000 TM/mes, que no permitía un margen seguro para operar dados los retrasos existentes en desarrollo y preparación.

Teniendo en cuenta las bondades del ANFO aluminizado, que permitió controlar la fracturación, se adoptó la decisión de ir a una malla de 3.00 x 3.00 mts., no ya desde el Sub-Nivel 1110, sino, desde el nivel 1130, con lo cual se iniciaba la perforación de taladros de 60 mts, de longitud, lo cual, obviamente, permitiría un avance más rápido.

La producción con esta malla es superior a 30 toneladas por metro perforado, lo que, para un promedio de 1,500 mts, daría una preparación de 45,000 Tons/mes.

.../

Este tonelaje, no obstante permitir un margen aparente de 50 % en la práctica es menor ya que el método requiere dejar puentes hasta el final de la explotación. Además da lugar a una explotación rígida en cuanto a ley de mineral.

Con el fin de recuperar tiempo y hacer una explotación más flexible y racional, combinando minerales con leyes distintas, se ha decidido alquilar, con opción de compra, otra máquina Down-The Hole, que se empleará también en trabajos de exploración.

Cabe señalar que la perforación con Down The Hole permite analizar el detritus de perforación (expulsado por la presión del aire) y conocer los valores de metal contenidos en el taladro.

En el caso de Monterrosas, el análisis se realiza cada tres metros. Esto permite conocer con anticipación la ley del mineral en el tajeo preparado para la explotación.

## 7.2 DISPARO.

Como se ha señalado, en Monterrosas viene empleándose el método voladura de cráteres invertidos (para el Drop Raise) combinando con bancos invertidos (para el tajeo).

Las investigaciones sobre la voladura por cráteres, indican que la carga esférica o su equivalente producen los mejores resultados.

En la práctica las cargas esféricas son definidas como cargas que tienen una relación de longitud/diámetro de 4: 1 ó menos; aunque puede llegar, más no exceder, a 6: 1. Significa que para un taladro de 6" de diámetro, como en Monterrosas, una longitud de 36"

../



( tres pies) puede constituir una carga esférica. Esto es lo q' se hace para la voladura del Drop Raise como se aprecia en el croquis correspondiente. Fig. N<sup>o</sup> 8.

Estas chimeneas se disparan, al igual que las rebanadas o bancos, de abajo hacia arriba hasta dejar un puente de 10 metros, desde la Cámara de Perforación. Los disparos se han realizado cada tres metros.

En el caso del Slot ( ampliación del Drop Raise hacia las cajas) los taladros vecinos se han disparado como bancos de 8-10 mts.

Los primeros Drop Raises se hicieron en malla de 2.00 x 2.50 mts. y en cuatro taladros interiores, cargados con Slurrex, resulta un gran cráter con mineral bien fragmentado. La segunda evaluación se hizo en malla de 2.50 x 3.00, con cuatro taladros interiores, cargando con Slurrex, con resultados de sobrerotura y mineral bien fragmentado.

Con estos resultados, se decidió variar el diseño del Drop Raise en la malla de 3.00 x 3.00 mts, a sólo tres taladros interiores, como se aprecia en el croquis correspondiente, con resultados satisfactorios en cuanto a rotura y fracturación además de ahorrar la perforación de un taladro interior. Venimos evaluando el uso de ANFO aluminizado que es más barato y fácil de cargar que el Slurrex.

La voladura de tajeo se inició en el mes de mayo en una malla de 2.00 x 2.50 mts., con una altura de carga de 2.50 mts, con ANFO

../

sólo con un factor de potencia de 1.20. Los resultados no fueron satisfactorios por la cantidad de grandes bancos. A fines de mayo se realizó una voladura con ANFO aluminizado al 10 % y ANFO sin aluminio en los taladros próximos a las cajas para evitar la dilución. Los resultados fueron mejores.

En junio se realizaron pruebas con Slurrex y ANFO al 5 % y al 10 % con resultados solamente regulares. Los últimos disparos de junio se hicieron sobre bancos de 10 metros de altura y nueve metros de carga de ANFO con aluminio al 13 %. Los resultados fueron de excesiva fragmentación. Cabe indicar que el ANFO utilizado fué de mejor calidad que el de Mayo.

Esto nos llevó a la decisión de trabajar en mallas de 3.00 x 3.00 metros en el nivel 1130.

El último disparo de junio se realizó con un taco intermedio de 1.50 mts., con resultado de muy buena fragmentación y factor de potencia de 1.07 lbs/Tm.

Los primeros disparos efectuados en la malla de 3.00 x 3.00 mts, con ANFO aluminizado al 10 %, con nueve metros de altura de carga y un factor de potencia de 1.28 ha dado resultados aceptables. Se hará evaluaciones con ANFO al 13 % de aluminio para reducir el factor de potencia y mejorar la fracturación, aunque los taladros próximos a las cajas serán cargados con ANFO sin aluminio para evitar la dilución.

Hasta aquí lo realizado al 30 de Setiembre.

## 8.0 RESULTADOS Y CONCLUSION

Al término de Setiembre de 1,982, habiéndose extraído alrededor de 120,000 TMS de mineral de cobre por el Método VCR, puede afirmarse que, en el balance, los resultados son exitosos.

Los inconvenientes surgidos, sobre todo en la fracturación, que nos llevó a realizar campañas de disparos secundarios y dilución han sido productos de la primera aplicación del método, que han ido superándose en los trabajos posteriores. El retardo en la preparación y desarrollo también ha influido, pues la explotación debió realizarse prácticamente sin pruebas de pre-producción.

El hecho de que el costo unitario de operación a nivel Empresa, incluyendo Oficina de Lima, sea del orden de US \$ 7.50/TMS, dice mucho de la efectividad del método y de la economía de la operación.

El costo unitario a nivel Monterrosas es del orden de US \$ 6/TMS con US \$ 1.15 por mano de obra. US \$ 1.80 por energía, US \$ 2.60 en materiales y repuestos y US \$ 0.45 en servicios.

El costo de mano de obra en el rubro Mina ha sido de US \$ 0.46 / TMS, incluyendo empleados de Oficina y Geología, con una productividad de 16 TMS/hombre-guardia. El costo de energía atribuible a la operación minera es de US 0.25/TMS.

Es recomendable el hecho de que estos parámetros sean mejores que los considerados en el Estudio de Factibilidad.

El consumo de electricidad a nivel de Unidad Monterrosas ha sido de 27 KWH/TMS, atribuyéndose a 4 KWH/TMS a la operación minera.

El consumo de explosivos es de 1.3 a 1.4 lbs/TMS de material roto, con clara tendencia a reducirse a medida que disminuyen los disparos secundarios y se optimiza la fragmentación. Este factor incluye también trabajos de desarrollo cuya perforación se hace con el Jumbo.

El costo unitario del rubro explosivos ha sido de US \$ 0.60 por tonelada de material roto.

El costo por metro perforado con la Down The Hole es de US \$5.40 lo que significa US \$ 0.28/TM en malla de 2.00 x 2.50 mts., US \$ 0.19 para malla de 2.50 x 3.00 mts, y US \$ 0.16 para malla de 3.00 x 3.00 mts.

Hasta el momento se ha tenido un promedio de perforación con la Down The Hole de 1,615 mts/mes, es decir 18 metros por guardia, aunque no todos se han disparado porque algunos mostraron baja ley de mineral. El máximo perforado en un mes ha sido 1,815 mts. Pero es evidente que este parámetro mejorará a medida que el personal operador adquiera más experiencia.

El consumo de broca, otro factor que habrá de mejorar significativamente, ha sido de una por cada 879 metros de perforación, es decir dos brocas/mes. La velocidad promedio de penetración ha sido de 5.35 mts/hora con un máximo de 5.70 mts.

../'

La disponibilidad mecánica promedio de la perforadora Down The Hole es de 87 %.

Estos son a grandes rasgos los parámetros que hemos venido obteniendo y que, aún siendo exitosos, resultan todavía susceptibles de ser mejorados.

La puesta en funcionamiento de nuestro Plan de Cuentas computarizado permitirá el afinamiento de algunos parámetros.

Por otro lado, los resultados exitosos logrados hasta la fecha alientan la utilización del método VCR en estructuras de menor potencia como las próximas a Monterrozas, que llegan en algunos casos a 1.50 - 2.00 mts, pero con valores muy interesantes.

Lo expuesto nos lleva a la conclusión que el método VCR es perfectamente aplicable en la Minería Peruana y puede enriquecerse tanto por la variedad de los yacimientos, cuanto por el ingenio agudo de los mineros peruanos.