

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



TRABAJO PROFESIONAL

**“APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE SOSTENIMIENTO
SUBTERRANEO EN LA UNIDAD MINERA PORACOTO – CIA
MINERA BUENAVENTURA”**

PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO DE MINAS

PRESENTADO POR:

SET JEAN GALVEZ ESPEJO

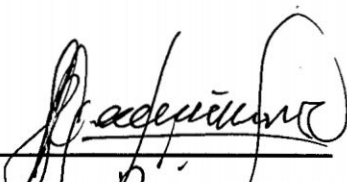
Ayacucho- - Perú

2011

**“APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE SOSTENIMIENTO
SUBTERRANEO EN LA UNIDAD MINERA PORACOTO – CIA MINERA
BUENAVENTURA”**

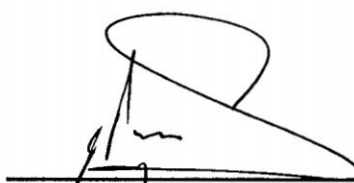
Recomendado : 16 de agosto de 2011

Aprobado : 18 de agosto de 2011



Ing. Hugo Gutiérrez Orozco

Presidente



Ing. Carlos Prado Prado

Miembro



Ing Grover Rubina Salazar

Miembro



Ing. Andres Portugal Paz

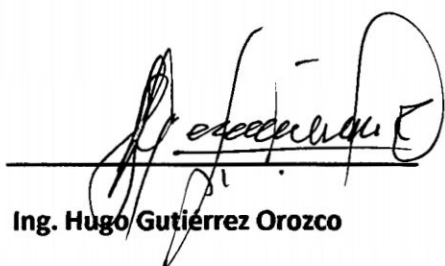
Miembro



Ing. Nivardo F. Yangali Guerra

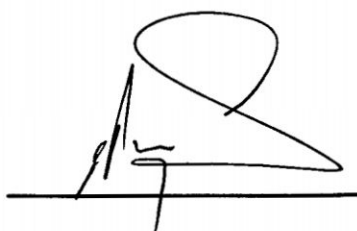
Secretario Docente

Según el acuerdo constatado en el acta el 18 de agosto de 2011, en la sustentación de Trabajo Profesional en Ingeniería de Minas, SET JEAN GALVEZ ESPEJO, del trabajo de Investigación titulado “**APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE SOSTENIMIENTO SUBTERRANEO EN LA UNIDAD MINERA PORACOTO – CIA MINERA BUENAVENTURA**”, fue calificado con la nota 16 (dieciséis) por lo que se da la respectiva aprobación.



Ing. Hugo Gutiérrez Orozco

Presidente



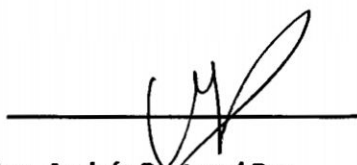
Ing. Carlos Prado Prado

Miembro



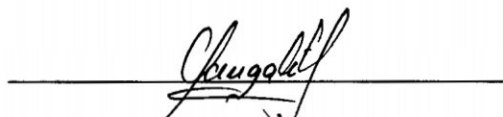
Ing. Grover Rubina Salazar

Miembro



Ing. Andrés Portugal Paz

Miembro



Ing. Nivardo F. Yangali Guerra

Secretario Docente

INDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1. UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD.	1
1.2. CLIMA Y VEGETACION.	2
1.3. FISIOGRAFIA.	3
1.4. RECURSOS.	3
1.5. OBJETO DE TRABAJO.	4
1.6. MÉTODO DE TRABAJO.	4
1.7. ORGANIZACIÓN.	4

CAPITULO II

GEOLOGIA

2.1. GEOLOGÍA REGIONAL.	5
2.2. ESTRATIGRAFIA.	5
2.3. GEOLOGIA ESTRUCTURAL.	12
2.4. GEOLOGIA LOCAL.	13
2.5. GEOLOGIA ECONOMICA.	14
2.5.1. GENESIS Y PARAGENESIS DEL YACIMIENTO.	14
2.5.2. MINERALIZACION.	15
2.5.3. ZONEAMIENTO:	16
2.5.4. RESERVAS MINERALES.	16

CAPITULO III

MINERIA

3.1. MÉTODO DE EXPLOTACION.	17
3.2. PREPARACIÓN.	18
3.3. EXPLOTACION.	19
3.3.1. PERFORACION:	19
3.3.2. VOLADURA:	19
3.3.3. LIMPIEZA.	19
3.3.4. RELLENO.	19

CAPITULO IV

APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE SOSTENIMIENTO EN LA VETA 1900.

4.1. CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO.	20
4.2. CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA.	20
4.3. RESISTENCIA DE LA MASA ROCOSA Y DEL MACIZO ROCOSO.	21
4.4. SOSTENIMIENTO.	22
4.4.1. CLASES DE SOSTENIMIENTO.	22
4.5. SISTEMA DE SOSTENIMIENTO ACTIVO.	28
4.5.1. SOSTENIMIENTO ACTIVO.	28
4.5.1.1. SOSTENIMIENTO CON PERNOS SPLITS SET EN LA RAMPA 219.	29
4.5.2. SOSTENIMIENTO PASIVO.	35
4.5.2.1. SOSTENIMIENTO CON MADERA.	36
4.5.2.1.1. USO DE PAQUETES WOOD PACK.	37
4.5.2.1.2. CÁLCULO DE RESISTENCIA.	45
4.5.2.2. CUADROS DE MADERA.	45
4.5.2.3. SOSTENIMIENTO CON CIMBRAS METÁLICAS.	53
4.5.2.4. SHOTCRETE.	61
4.6. EVALUACION DE LOS SISTEMAS DE SOSTENIMIENTO EN LA VETA PARACOTA.	75

CONCLUSIONES:	77
RECOMENDACIONES:	79
BIBLIOGRAFIA.	80

DEDICATORIA

*A mi esposa Lucinda y a mis hijos Luz Gina,
Ney Jean y Brisett Guadalupe.*

INTRODUCCION

El presente trabajo profesional constituye un aporte a los sistemas de sostenimiento que se vienen aplicando en la minería peruana, el cual fue realizado en la Mina Paracota por una necesidad de poder controlar la estabilidad de las labores subterráneas en esta mina, en especial en la veta 1900.

Los sistemas de sostenimiento a utilizarse en la explotación minera es de gran importancia, pues la excavación subterránea que se realiza crea esfuerzos inducidos, los cuales son contrapuestos por la resistencia de la roca y cuando esta es menor se compensa con un sistema de refuerzo o soporte.

La inestabilidad del macizo rocoso es producido por un conjunto de factores, de cuyo análisis se ocupa la geomecánica y la mecánica de rocas y en base a estas dos ciencias que actualmente se hallan en desarrollo, es posible diseñar aberturas estables que brinden seguridad tanto al personal y equipos que opera en ella.

Hoy en día se han desarrollado varios sistemas de sostenimiento, métodos, tipos y equipos que están al alcance del usuario minero nacional, siendo el problema su selección adecuada conforme a los objetivos y costos de sostenimiento.

Donde sólo con un buen control y cálculo en costos, aprovechando de la mejor forma de los medios empleados en la operación nos daría un margen de poder explotar minerales marginales haciendolo económica para su explotación y así ampliar la vida de una Empresa minera y a la vez también crear más fuente de trabajo para la sociedad que en la actualidad tanto se necesita.

Pero, nuestra formación profesional en la Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga se reduce en su mayor parte a brindarnos los conocimientos teóricos como en cualquier otra Universidad que en la práctica nos servirán como herramienta de trabajo para poder encarar a los momentos más difíciles de conducir

una Empresa minera a la cual siempre tomaremos como un reto profesional por la acelerada tecnología de punta que se requiere en la actualidad, en tal entender el presente trabajo representa el esmero cuidadoso realizado en cuanto al análisis y revisión de la formulación de costos planteado por la Empresa en su afan de buscar nuevos objetivos de operación.

El presente trabajo es producto de la aplicación teórica práctica de mis conocimientos adquiridos durante mi permanencia en varios centros mineros antes de llegar a trabajar en la Compañía minera de Arirahua S.A.

Pero, es posible que este trabajo de todas formas contenga alguna inquietud personal así como también errores en las que quizá no he podido corregir a tiempo, espero que se me dispense, por que los objetivos que me he trazado son con la mejor intención de contribuir a la Minería nacional.

RESUMEN

El presente trabajo profesional producto de la experiencia, se ha desarrollado con la finalidad de mejorar los sistemas de sostenimiento que se vienen aplicando en la Mina Paricota, para cuyo desarrollo el trabajo está dividido en 4 capítulos cuyo detalle es:

El capítulo I.- Generalidades, Contiene acápite referidos a ubicación accesibilidad de la mina, clima , fisiografía, antecedentes, organización, etc.

El capítulo II.- Geología describe la geología regional, estructural, local y económico, donde estudia las características geológicas del yacimiento y muestra la cantidad de reservas minerales que posee el yacimiento los cuales serán explotados en los próximos años.

El capítulo III.- Minería: describe el sistema semimecanizado y método de explotación actualmente aplicado como es: corte y relleno ascendente mecanizado, señalando los ciclos, personal, equipos y costo de explotación.

El capítulo IV.- Aplicación de los sistemas de sostenimiento en la veta 1900, es el capítulo central del trabajo profesional, donde se realiza el estudio geomecánico y se describe los sistemas de sostenimiento, tipos, aplicación y se evalúa el desempeño del sostenimiento como también su modificación y rediseño.

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1. UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD.

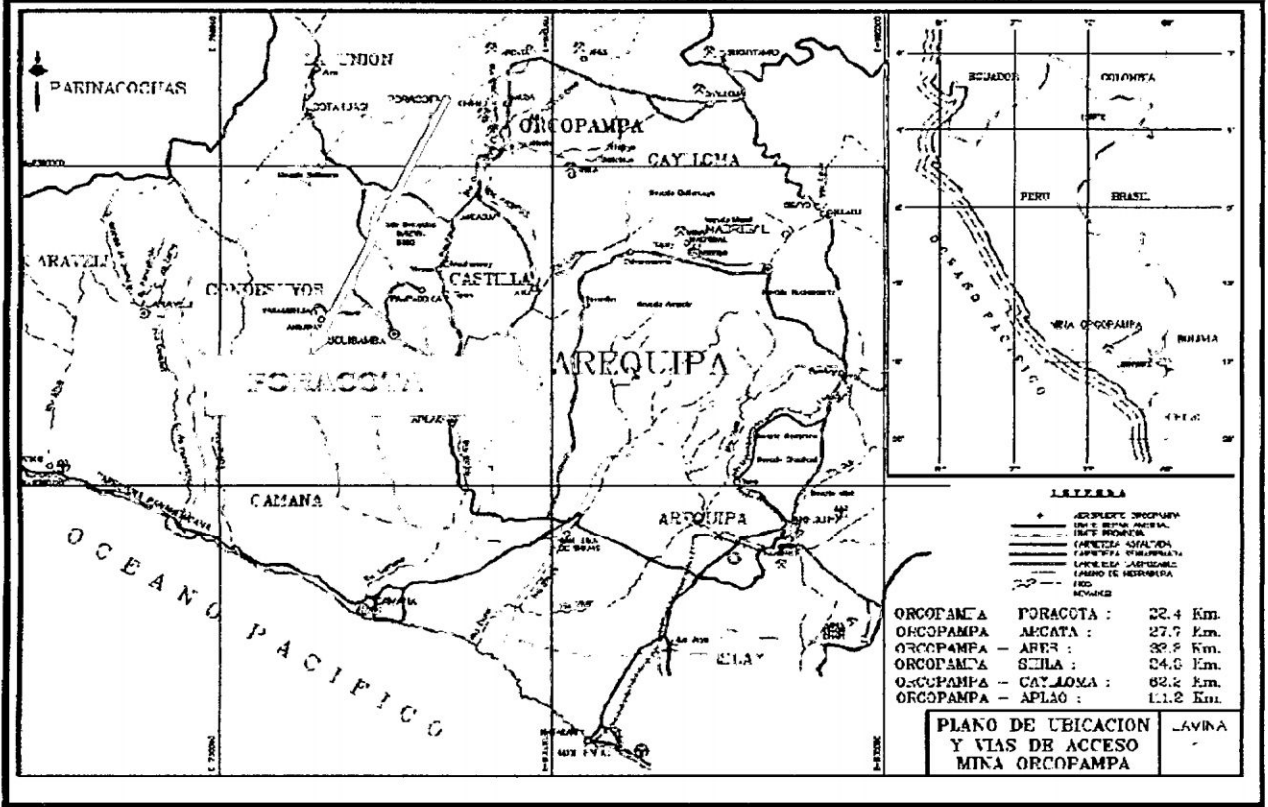
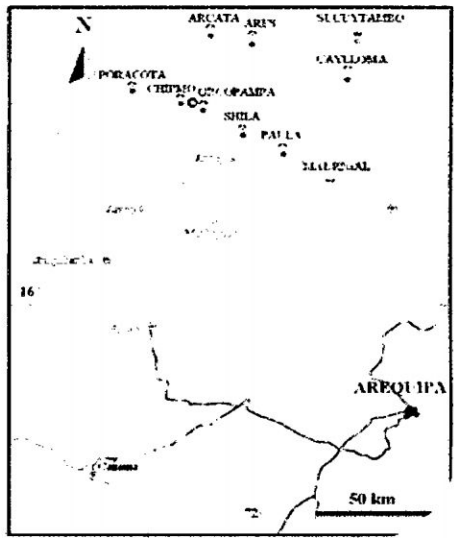
Geográficamente la U.E.A. Poracota está ubicada en el distrito de Carayani, provincia de Condesuyos, en el departamento de Arequipa. La mina Poracota está ubicado en la parte alta de la cuenca del río Majes, en los parajes Poracota, Quellococha y Perseverancia, pertenecientes al Distrito de Cayarani; a 20 km en línea recta (32 km por carretera) al noroeste del distrito de Orcopampa. Esta mina tiene altitudes entre los 4 600 m.s.n.m. a 4 900 m.s.n.m.

Sus coordenadas geográficas son:

Longitud 72° 32' Oeste

Latitud 13° 14' Sur

Sus coordenadas UTM:



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA		
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS GEOLOGIA Y CIVIL		
ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS		
PLANO DE UBICACION U.E.A. PORACOTA		
DIB/CAD: SET JEAN GALVEZ ESPEJO	ESCALA: Gráfica	PLANO N°
FECHA: Julio 2011		01

Norte 8315500

Este 764000

El acceso a la U.E.A. Poracota se realiza por vía aérea y terrestre tal como se muestra en el siguiente cuadro:

VÍA AÉREA			
Nº	RUTA	DISTANCIA (Km)	TIEMPO
1	LIMA – ORCOPAMPA	620	01:30
2	LIMA – AREQUIPA	764	01:20

VÍA TERRESTRE			
Nº	RUTA	DISTANCIA (Km)	TIEMPO
1	AREQUIPA - SIBAYO - CAYLLOMA – ORCOPAMPA	235	08:00
2	AREQUIPA - APLO - VIRACO - ORCOPAMPA	240	08:00
3	ORCOPAMPA – PORACOTA	32	00:50

1.2. CLIMA Y VEGETACION.

El clima está condicionado por la altitud, la parte de la planicie está comprendida en los isoterms máximos de 12°C a 18°C y mínimas de 0°C a 10°C lo que da lugar a una moderada evaporación, se presentan dos estaciones bien marcadas de la siguiente manera. Verano de diciembre a marzo caracterizado por esporádicas precipitaciones pluviales, el promedio anual estimado es de 250mm a 300mm, son comunes las precipitaciones sólidas en la altiplanicie y neblina en toda la zona. El invierno que es de mayo a julio es seco pero más frígido, los vientos son más intensos al medio día con una velocidad de 60 Kms/Hora – 70 kms/Hora

En cuanto a la vegetación existente en la zona, por las características típicas del terreno, en el área de la mina solamente se observa extensas zonas de “Ichu y Tola” y en ciertas partes de la quebrada Huamanihuayta, la cual viene a ser la parte alta de la cuenca del río Camaná – Majes existen pequeños arbustos.

1.3. FISIOGRAFIA.

Su geomorfología es típica de un modelado glaciar y otro netamente fluvial, con quebradas profundas de fuerte acción erosiva, son notables las evidencias de acción glaciar como estrías de abrasión de rocas de valle en “U”, morrenas de todo tipo y campos de nieve.

Estas formas se caracterizan por presentar una topografía accidentada, con una diferenciación de altitud mayor a 300 m medidos entre la cumbre y base de las elevaciones, además de presentar pendientes moderadas, empinadas y escarpadas.

1.4. RECURSOS.

A. RECURSOS NATURALES.

El principal recurso natural es el yacimiento constituido principalmente por mineral de oro y que es objeto de la explotación por parte de la empresa.

B. RECURSOS HÍDRICOS.

El agua requerido para trabajos de mina, planta concentradora y campamentos es captado de puquiales y riachuelos, que son previamente almacenados en reservorios y luego conducidos por tuberías.

C. RECURSOS HUMANOS.

En la zona se cuenta con mano de obra calificada, que tienen experiencia en

trabajos mineros, por lo que no se tiene necesidad de traer personal de otros lugares.

1.5. OBJETO DE TRABAJO.

OBJETIVO GENERAL:

El presente trabajo es dar a conocer los principales sistemas de sostenimiento utilizados en la estabilización de labores subterráneas a fin de minimizar los riesgos durante la operación, como evitando la caída de rocas y dotando de un sostenimiento adecuado.

OBJETIVO ESPECIFICO:

Evaluar los sistemas de sostenimiento utilizados en la Mina Paracota y poder elegir el más eficiente y de menor costo.

Servir al suscrito como trabajo profesional, para optar el título de ingeniero de minas.

1.6. MÉTODO DE TRABAJO.

Para el desarrollo del presente trabajo se realizó la recopilación de la información básica referente al sostenimiento utilizado, sus fundamentos técnicos de su uso, los materiales y el procedimiento de su colocación y luego el análisis de los datos obtenidos y finalmente la redacción del trabajo.

1.7. ORGANIZACIÓN. (Ver Lamina

Organigrama de la Mina Paracota

Gerencia General

Seguridad / Medio Ambiente

Secretaría General

Jefe Productividad Costo

Jefe de Mina

Jefe de Planta

Jefe de Mantenimiento

Jefe de Administración/ RR. HH.

Ingeniería y Plan de Minado

Jefe Sección

Laboratorio Metalúrgico

Mantenimiento Eléctrico

RR. II. Capacitación

Geología y Exploraciones

Jefe de Servicios Mina - Ventilación

Jefe de Guardia

Mantenimiento Mecánico

Caja

Coordinador Comunidades

Departamento Geomecánica

Mantenimiento Mina - Planta

Departamento Sistemas

Servicio Social

Departamento Productividad

Posta Médica

CAPITULO II

GEOLOGIA

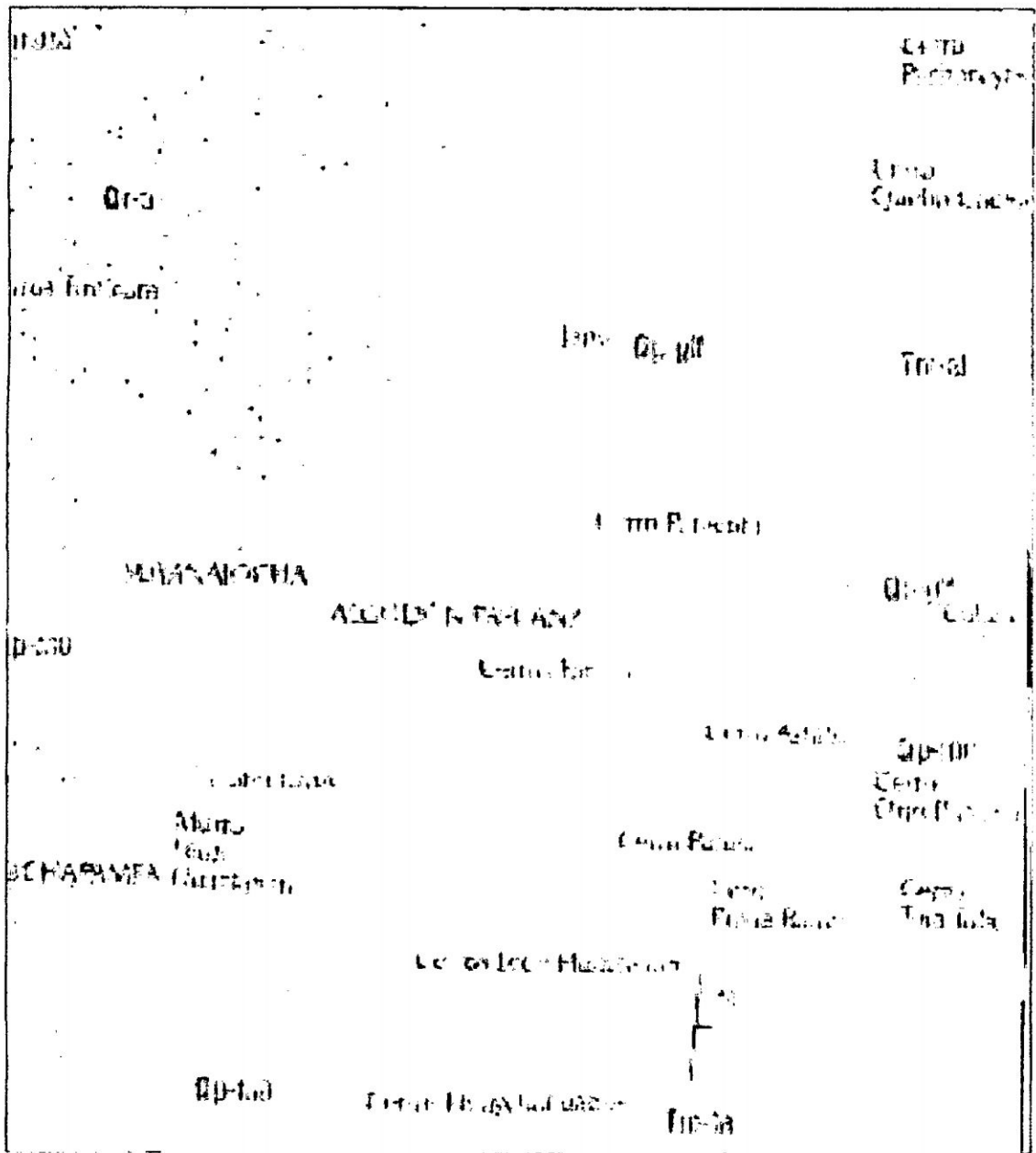
2.1. GEOLOGÍA REGIONAL.

En la zona afloran rocas sedimentarias y volcánicas de origen marino o continental, cuyas edades van desde el Jurásico al Cuaternario reciente.

Las rocas más antiguas reconocidas en la región, corresponden al Grupo Yura, siguiéndole la Formación Murco, luego la Formación Orcopampa de suma importancia económica para el proyecto minero, por su mineralización de oro y plata. Le suprayacen los volcánicos de la Formación Alpbamba y sobre ella en discordancia angular el Grupo Barroso y los derrames del Grupo Andahua (Ver plano N° 2)

2.2. ESTRATIGRAFIA.

A continuación se detallan los aspectos litológicos, estructurales y



LEYENDA

- Qp-a Grupo Andahua
- Qp-glf Depósito Glaciofluvial
- Qp-mo Depósito Morrénico
- Tm - al Formación Alpbamba
- Tm-ta Grupo Tacasa

GEOLOGIA REGIONAL		
ZONA PORACOTA		
GEOLOG: INGEMMET	ESCALA: 1/50,000	PLANO
	FECHA: Julio, 2011	2

morfológicos más resaltantes de cada una de las formaciones mencionadas, siguiendo el orden del más antiguo al más reciente.

GRUPO YURA (JSKI-YU):

Litológicamente consiste en una potente secuencia de areniscas de grano fino a medio, con tonalidades amarillentas, gris oscuras a verduscas, que presentan intercalaciones de limolitas y lutitas carbonosas oscuras. En su sección media presenta además intercalaciones de calizas de carácter arrecifal. En algunos sectores se observa estratificación cruzada y marcas de oleaje, indicadores de un mar somero y agitado. Por efecto de erosión diferencial, las areniscas constituyen farallones prominentes. En trabajos de mayor detalle se le divide en las siguientes formaciones: Puente, Cachios, Labra, Gramadal y Hualhuani.

Sobreyace con discordancia erosional a la Formación Socosani, que no aflora en el área evaluada. Sus caracteres litológicos determinan que esta unidad geológica fue depositada en un ambiente marino poco profundo y próximo a áreas emergidas. Su edad es asignada al Jurásico superior-Cretáceo inferior, siendo su espesor superior a los 3 000 m. En el área de estudio, estas capas afloran limitadamente en el sector meridional.

FORMACIÓN MURCO (KI-MU):

Esta unidad presenta tres miembros diferenciados por sus caracteres litológicos. El miembro inferior de unos 100 m de espesor, consiste de bancos de areniscas blancas de grano grueso a medio con marcas de oleaje, que se parten en grandes lajas y constituyen en superficie crestas por erosión diferencial. El miembro medio se compone de areniscas de tintes violáceos, en capas de un metro de espesor,

pero que pasan hacia arriba a capas delgadas de color rojo ladrillo, conformando un grosor de 120 m. El miembro superior de 90 m de espesor, se halla constituido por areniscas, limolitas y lutitas rojas a violáceas, que alternan con bancos de yeso de aspecto sacaroideo.

La formación sobreyace discordantemente a las capas superiores del Grupo Yura, e infrayace con discordancia angular a las unidades formacionales más modernas. Sus fósiles permiten datar a sus depósitos como del Cretáceo inferior. Su espesor total alcanza los 300 m. Dentro del área investigada sus afloramientos son limitados, ocurriendo sólo en el extremo sur.

FORMACIÓN ORCOPAMPA (Tm-or):

Regionalmente esta unidad es conocida como Grupo Tacaza. Litológicamente se compone de varios niveles tobáceos en posición más o menos horizontal y brechas volcánicas asociadas con depósitos lacustres; ocurren también conglomerados piroclásticos. La parte inferior está compuesta por una secuencia tobácea blanquecina de composición dacítica, que al intemperizarse da características coloraciones amarillentas, ocurriendo en bancos de 20 m a 80 m de espesor. Los niveles superiores consisten en rocas dacíticas de textura porfiríticas, fuertemente soldadas.

Esta unidad sobreyace discordantemente a las formaciones más antiguas e infrayace con suave discordancia angular a erosional a los materiales volcánicos de la Formación Alpabamba. Dataciones radiométricas han permitido estimar su edad en el Terciario medio (Mioceno). La Formación tiene un espesor que se estima sobrepasa los 1,500 m.

En el área evaluada, sus mejores exposiciones ocurren en los cerros Puma Rangra, Sayhua y Pichihua.

FORMACIÓN ALPABAMBA (Tm-al):

Esta unidad de origen continental-lacustre. Consiste de tobas ignimbríticas de color blanquecino y flujos tobáceos gris azulados, de composición predominantemente dacítica o riolítica, los que al meteorizarse generan un suelo residual de color blanco beige uniforme.

En algunos sectores locales, las tobas se interdigitan con paquetes de areniscas de grano fino y de color gris verduzco. También se presentan bancos de tobas pumíceas y lavas tobáceas con nítida estructura fluidal. En general, la unidad presenta cierta intensidad de plegamiento debido a hallarse constituido por paquetes delgados. Forma relieves de topografía suave y ondulada, a diferencia de la unidad anterior que es más accidentada.

La formación sobreyace con una ligera discordancia angular a las rocas de la Formación Orcopampa. Por su posición estratigráfica, su edad ha sido asignada al Terciario medio (Mioceno medio).

Su espesor en el área es variable, estimándose un promedio de 1 000 m.

Sus afloramientos en el área de estudio, ocurren bordeando la laguna Tintarcocha y entre los cerros Paracota y Quello Cocha, al norte del área del campamento.

GRUPO BARROSO (TsQp-ba):

Este grupo consiste en derrames lávicos principalmente de composición andesítica variando a dacitas con tonalidades gris claras a oscuras, depositados en bancos bien definidos, que en algunos casos alternan con depósitos aluviales los cuales imprimen a la roca un aspecto terroso. La textura de las rocas volcánicas es

porfírica con fenocristales bien desarrollados. Es común dentro de la unidad la presencia de flujos afaníticos con estructuras vesiculares. Estos volcánicos, constituyen antiguos conos erosionados por acción glacial pleistocénica, cuyas vertientes presentan numerosos taludes escarpados. La posición de las lavas y piroclastos es inclinada en los conos y casi horizontales en los sectores bajos. Por erosión moderna, en la superficie presentan un aspecto uniforme.

Sus relaciones estratigráficas permiten establecer que esta secuencia volcánica es de edad Plio-Pleistocena; estimándose su grosor máximo en 2 500 m. Sobreyace con discordancia paralela a la formación Huaylillas y es cubierto en forma parcial por depósitos morrénicos y fluvioglaciares del Pleistoceno y Holoceno.

Esta unidad es de gran extensión regional, pero en el área de estudio presenta sus principales exposiciones hacia el oeste de la laguna Tintarcocha. En el área evaluada y zonas colindantes, esta unidad conforma mesetas subhorizontales con marcada disyunción prismática en sus taludes.

GRUPO ANDAHUA (Qr-an):

Con esta denominación se conoce a un paquete volcánico andesíticodacítico de reciente formación, que se presenta a manera de estratos capas y conos volcánicos. Su posición topográfica y sus relaciones estratigráficas indican que el intenso vulcanismo que le dio origen, ocurrió en una etapa posterior al encañonamiento de los ríos actuales. El magmatismo se produjo en dos fases principales, una fase lávica tranquila y la otra de naturaleza piroclástica violenta.

Sus mejores exposiciones dentro del área evaluada ocurren bordeando la laguna Pabellón, en la pampa Soras y en las inmediaciones de Orcopampa. Los conos volcánicos de esta unidad, se hallan representados por los volcanes Pabellón Mauras,

Yana Mauras y Misahuana Mauras.

CUATERNARIO:

Depósitos Glaciofluviales (Qp-glf)

Los depósitos glaciares y fluvioglaciares, no han sido diferenciados en el presente estudio, por lo que son tratados como una sola unidad. Los depósitos morrénicos (glaciares) ocurren cubriendo los flancos de las vertientes, principalmente bordeando los aparatos volcánicos del Grupo Barroso, donde conforman morrenas laterales. En cambio, las cubiertas fluvioglaciares ocupan los sectores bajos y de relieve moderado, consistiendo en sedimentos semi-estratificados de carácter intermedio, entre los materiales aluviales de corrientes de agua y las masas heterogéneas de origen glaciar. Estas acumulaciones, forman también áreas de bofedales o de mal drenaje.

En el área evaluada, estos depósitos ocurren en diversas zonas, pero presentan su mayor amplitud, al este de la laguna Tintarcocha y en las pampas Llulinsha y Atojocachana.

Depósitos Aluviales Antiguos (Qp-al)

Son acumulaciones depositadas durante el Cuaternario antiguo (Pleistoceno), que presenta dos horizontes claramente diferenciados. Un horizonte inferior conglomerádico y más potente, constituido por cantos y gravas polimícticas semiconsolidadas de tamaño variado, englobados en una matriz limoarenosa, que contiene localmente algunas capas lenticulares de arenas con estratificación cruzada y, un horizonte superior de 1 m o 2 m de espesor, integrado principalmente por arcillas, limos y arenas finas de escasa consolidación. Estos materiales, sobreyacen

con discordancia erosional a las formaciones más antiguas.

Constituyen las terrazas de ambos márgenes del río Orcopampa, las mismas que presentan una altura entre tres a cinco metros sobre el nivel del río, por lo que no son afectadas por las crecidas estacionales.

Depósitos Coluviales (Qr-co)

Consisten en acumulaciones clásticas modernas pobremente consolidadas, conformadas por materiales rocosos de diverso tamaño pero de litología homogénea, incluidos en una matriz limo-arcillosa o limo-arenosa, que se distribuyen irregularmente en las faldas y pierde las vertientes montañosas. Son acumulaciones gravitativas originadas por alteración y desintegración periglacial de las rocas ubicadas en los tramos superiores de las vertientes. Se caracterizan por las formas angulosas de las gravas depositadas en forma desordenad. Sin embargo, presentan una incipiente estratificación donde los fragmentos más gruesos se hallan en la base de las acumulaciones, en tanto los más pequeños se localizan en los tramos superiores. Normalmente presentan un encapado fino de 0.50 m a 1 m de espesor, excepto en los niveles ubicados por encima de los 4 500 m.s.n.m.

En la zona evaluada, estos depósitos acumulados discontinuamente llegan a alcanzar un espesor de 2 m a más de 5 m en las depresiones topográficas de las vertientes, por lo que en estos tramos cubren las formaciones geológicas más antiguas, enmascarándolas. Son numerosos los lugares donde ocurren, pero por razón de escala sólo se han cartografiado en el mapa geológico los más conspicuos, como los que ocurren en los cerros Poracota y Pichihua.

Depósitos Aluviales Recientes (Qr-al)

Son acumulaciones de gravas redondeadas, arenas y arcillas, poco o nada

consolidadas, que ocupan el cauce actual de los ríos y sus diferentes escalones de terrazas, que se distribuyen como fajas alargadas de poca amplitud entre las vertientes montañosas; el espesor de estos depósitos es variable y su edad corresponde al Holoceno. Cabe destacar, que no todos los ríos y quebradas presentan terrazas aluviales, debido a que mayormente son de carácter encañonado.

Ejemplos típicos de acumulaciones aluviales se encuentran en el río Chilcaymarca y Orcopampa; sin embargo, la mayor parte de las ocurrencias no han podido ser cartografiadas por su estrechez y la escala de trabajo.

ROCAS ÍGNEAS INTRUSIVAS:

En el área de estudio, este tipo de rocas ocurre de manera dispersa y en forma muy limitada. Se hallan representadas por un conjunto de intrusiones subvolcánicas que ocurren a manera de pequeños stocks y que en la región se emplazan casi íntegramente entre el paquete de rocas volcánicas de la formación orcopampa, cuyos pliegues disturbados se encuentran notoriamente truncados. son rocas cuyas clasificaciones petrológicas varían mayormente entre dacitas, latitas cuarzosas y andesitas, que ocurren con una típica textura porfirítica. Estas rocas integran la denominada superunidad Tiabaya, que forma parte del batolito de la costa. Como pórfidos dacíticos ocurren en los cerros quellococha, pichihua y al este del cerro orjo puñuna, en menor extensión se presentan pórfidos andesíticos con afloramientos en el sector meridional entre los cerros Potosí, Ashillo Orjopuñuna y Tola Tola, así como los cerros Huamanihuayta y Poracota.

2.3. GEOLOGIA ESTRUCTURAL.

Estructuralmente, el área de Paracota se halla inmersa en la región estructural

conocida como “zona de fallamiento en bloques”, donde la secuencia volcánica miocena muestra un plegamiento comparativamente leve debido a los efectos de la fase Quichuana de la Orogenia Andina, representada por pliegues abiertos y localizados. La Formación Orcopampa presenta pliegues cuyos ejes tienen una dirección predominante N-S. En cambio, la Formación Alfabamba presenta un plegamiento más apretado, debido probablemente por hallarse constituida por paquetes rocosos menos competentes. Las fallas siguen principalmente una dirección NO-SE y son de desplazamiento de rumbo, con sistemas generalmente conjugados. El alineamiento de los volcanes del Grupo Barroso, permite establecer reactivaciones ulteriores de estas fallas profundas pero de carácter esencialmente tensional. Un nuevo juego de fallas, de naturaleza mayormente tensional y de rumbo NE-SO, o sea transversales a las fallas de desplazamiento de rumbo, ocurre en esta zona estructural, afectándolas en su rumbo y buzamiento o truncando su recorrido.

A escala distrital, la probable caldera Poracota se encuentra ubicada al extremo Noroeste de una cubeta tectónica semejante a un graben que corta rocas del Mesozoico y Cenozoico, con una extensión mayor a 40 Km de largo por 12 Km de ancho. A lo largo de esta deformación se cuenta con un sin número de fallas, ejes de pliegues y centros volcánicos preservados; que corren paralelos a las paredes del graben. A escala del proyecto, los lineamientos más representativos involucran la quebrada Ciuto y la escarpa del cerro Venioc, ambos con movimientos repetitivos de caída normal al suroeste.

2.4. GEOLOGIA LOCAL.

En el área del yacimiento se tiene principalmente rocas volcánicas como las lavas Collpa que constituyen el basamento del yacimiento de Poracota.

Estas rocas volcánicas volcánicas descansan sobre una temprana fase explosiva denominada localmente ignimbrita Quellococha datada en 14.1 Ma contemporánea con el tufo Chipmo que alberga la mineralización aurífera de la mina del mismo nombre. Suprayaciendo a estas ignimbritas, se tiene una secuencia de flujos piroclásticos de bloques polimícticos denominado Toba Pichihua los cuales infrayacen a una fase efusiva andesítica, de textura afanítica denominada Lava Fina. Sobre estas lavas se depositaron paquetes volcanosedimentarios ricos en líticos con diámetros variados con enclaves centimétricos de carbón, seguidos de intercalaciones de tobas y coladas cristalolíticas con horizontes de autobrechas todas de naturaleza andesítica; éstas litologías son agrupadas como la Toba Poracota principal receptora de la mineralización económica del yacimiento Poracota. Sobre la toba Poracota se tienen intercalaciones de lavas e intrusiones de domos. La secuencia volcánica concluye con derrames lávicos y cenizas basálticas del grupo Andagua con una edad de 0.5 Ma (Noble et al 1998).

2.5. GEOLOGIA ECONOMICA.

2.5.1. GENESIS Y PARAGENESIS DEL YACIMIENTO.

El yacimiento es de origen hidrotermal, hipógeno, donde las soluciones mineralizantes han rellenado las fracturas preexistentes con oro, cobre y plata, formando las vetas actuales existentes en el yacimiento.

En cuanto a la paragenesis, se tiene identificado tres eventos mineralizantes; el primer evento está relacionado a la generación de pirita I cúbica (S_2Fe) asociado a cristales de baritina I. El segundo evento, está relacionado a un ensamble con mineralogías de sílice hidrotermal II asociados a enargita, pirita II arsenical y octaédrica y covelita. Ocurre además subordinada luzonita asociada a enargita

(AsS₄Cu₃). Asimismo, puntualmente se encuentran granos de calcopirita y pirrotita incluidos dentro la pirita. El tercer evento, más importante está relacionado a un flujo rico en oro asociado principalmente a cuarzo III mostrando venillas y granos euhedrales rellenando oquedades, seguido por pirita III como accesorio y trazas de galena (SPb).

El oro se ha detectado como partículas libres y aisladas de tamaño menor a 5 micras como “oro invisible”. Dichos granos son escasos generalmente incluidos en la estructura cristalina de la pirita, aunque también ocurre en cuarzo y carbón. Se identificaron inclusiones de electrum de granulometría variada dentro de la esfalerita, idaita y covelita.

La covelita (SCu), constituye coronas alrededor de las partículas mencionadas. Asimismo, algunos granos de electrum están rodeados por coronas de argentita. Uno de los últimos eventos está relacionado a bandas de sílice calcedónica de coloración beige con granos finos de pirita y posterior adición de cristales translúcidos de baritina.

En relación a los eventos arriba descritos ocurre de manera tardía un evento sulfatárico el cual precipita dejando azufre en estado nativo relacionado a facturas y cavidades lixiviadas.

2.5.2. MINERALIZACION.

La mineralización aurífera y eventualmente argentífera del depósito Poracota presenta características metalogénicas similares con los sistemas epitermales miocénicos del sur del Perú, hallándose relacionada a estructuras silíceas alojadas en rocas volcánicas permeables. La mineralización consiste de pequeños y medianos depósitos epitermales con mineralización de metales preciosos (Au-Ag), emplazados

en ambientes volcánicos.

2.5.3. ZONEAMIENTO:

La mineralización es estratiforme tanto en superficie como en profundidad, estando representada en superficie por diseminaciones de pirita (1% a 3%) en los tufos y volcanoclásticos andesíticos silicificados y las impregnaciones y rellenos de azufre nativo que ocurren en el sector septentrional. Hacia el sector meridional, la mineralización consiste de pirita diseminada de grano fino asociada a sílice gris y cristales de baritina y cuarzo rellenando oquedades..

2.5.4. RESERVAS MINERALES.

La estimación de recursos al 31 de diciembre del 2,010 demostrados con labores mineras , ascienden a 254,700 TM con una ley promedio de 12.92 gr/TM Au, de los cuales 162,040 TM corresponden a cuerpos desarrollados en el Manto Dorado, y 92,660 TM con 13.25 gr/TM Au ubicados en el Manto Aguila. El total de Recursos Medidos, Indicados mas Inferidos (Sulfuros) llega a 1'472,120 TM con una ancho promedio de 7.20 m y una ley promedio de 10.05 gr/TM Au, tomando como Cut Off 5.00 gr/TM Au.

La perforación diamantina ejecutada en superficie, ha permitido sumar recursos medidos “oxidados” que reportan 1,776,020 TM con un ancho de 11.46 m y una ley promedio de 1.69 gr/TM Au que significan 96,750 oz Au, en las áreas de Sombrero Rumi y Quellococha, este último sector contiene los aforamientos del Manto Águila y Dorado Inferior. Este mineral oxidado responde positivamente a la cianuración con recuperaciones mayores de 80% y pueden ser extraídos con un tajo abierto.

CAPITULO III

MINERIA

3.1. MÉTODO DE EXPLOTACION.

De acuerdo a las características del yacimiento, el método de explotación que se viene aplicando es el de Corte y relleno ascendente semicanizado.

En su método de minado se desarrollan cámaras o drifts de 3.0m x 3.0m, los pilares que quedan serán recuperados haciendo uso de woodpacks y relleno detrítico, concluyendo de esta manera el primer corte. La galería principal 252 se realzará y se rellenara para tener un piso desde el cual perforar en breasting y minar el siguiente corte.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL MÉTODO:

a).-LAS VENTAJAS:

- Se trabaja bajo techo seguro la roca tipo III B (cuarzo granular) permite un continuo de sostenimiento con mallas electro soldadas mas split set.

- Se mantienen condiciones adecuadas de estabilidad bajo orientaciones favorables de las excavaciones para todos los drifts.
- Los cortes por paneles permiten lograr mayor productividad.
- Se asegura prácticamente un 100% de recuperación y una dilución baja por la sobre rotura de las cajas techo y piso.
- El costo del relleno detrítico es menor respecto al relleno cementado.

b).-DESVENTAJAS:

Se debe llevar un control estricto y continuo en el ultimo corte es decir cuando el techo sea roca tipo IV A sino, los problemas de estabilidad podrían tomarse serios.

El equipo de carguio (SCOOP) quedara cautivo durante toda la explotación del cuerpo y finalmente debe ser recuperado mediante una chimenea, será anclado y descendido al nivel 4720.

El mineral debajo el Nv 4720 no será recuperado haciendo uso del método sino que se tiene la alternativa de hacer una rampa negativa, o un pique o hacer una loza de concreto en cualquier caso demandara un alto costo adicional.

3.2. PREPARACIÓN.

La preparación consiste en correr una galería principal de transporte que se corre a lo largo del mineral, además se levantan chimeneas separadas a 40 m. los cuales se construyen de acuerdo al diseño del planeamiento. En Poracota las galerías se desarrollan por los niveles separados por 60.0 m. entre si. El conjunto de labores comprenden los siguientes:

3.3. EXPLOTACION.

3.3.1. PERFORACION:

La perforación se realiza con perforadoras neumáticas tipo Jack Leg, utilizando barrenos de 4, 6 y 8 pies con brocas de botones de 40 mm. La perforación es en sentido horizontal conocido como "Breasting" a causa del terreno que tiene un RMR debajo de 40, con el cual se logra controlar el techo.

3.3.2. VOLADURA:

Luego de la perforación, los taladros son cargados con dinamita semexa de 65% tanto como cebo y carga de columna. Como accesorio se utiliza el carmex y para el encendido la mecha rápida.

3.3.3. LIMPIEZA.

La limpieza del tajo en producción se realiza con scoop de 2.2 yd³ y el transporte se hace con carritos mineros de 40pies³ que extraen el mineral, este luego es llevado por línea de extracción hasta el echadero en superficie.

3.3.4. RELLENO.

Mediante esta actividad se consigue tener piso o altura para continuar perforando y disparando mineral. La operación de relleno se realiza previo acondicionamiento del tajo a rellenar el cual consiste en el el pampillado respectivo o nivelación del terreno con material de descaje y material proveniente de los frentes de desarrollo en estéril.

CAPITULO IV

APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE SOSTENIMIENTO EN

LA VETA 1900.

4.1. CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO.

El macizo rocoso donde se encuentra emplazado el yacimiento está constituido por rocas volcánicas, conformado por rocas como: toba Paracota, brechas volcánicas y andesita,. Esta litología existente dentro del macizo tiene características diferentes y es un factor importante en la estabilidad de las aberturas subterráneas a construirse, además el macizo a los esfuerzos a que fue sometido en épocas pasadas se encuentra perturbada y prueba de ello es la presencia de diaclasas, fracturas y fallas.

4.2. CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA.

En el nivel 1900, nivel 660 y rampa 219, se realizó la evaluación geomecánica, obteniéndose el siguiente resultado.

CUADRO N° 4.2
CLASIFICACION GEOMECANICA VETA PARACOTA

TRAMO	UBICACIÓN	ROCA	RQD	RMR	Q	TIPO ROCA	OBSERVAC.
Gal.253W	Niv-1900	Toba	60	45	6	III	Roca regular
Rampa 219		Toba	65	50	7	III	Roca regular
Gal.249	Niv 660	Toba	40	30	3	IV	Roca mala

4.3. RESISTENCIA DE LA MASA ROCOSA Y DEL MACIZO ROCOSO.

A fin de determinar las propiedades físicas y mecánicas de la roca que se tiene en la Veta Paracota, se ha realizado los ensayos correspondientes en el laboratorio de mecánica de rocas, obteniéndose los resultados siguientes:

CUADRO N° 4.3ª
PROPIEDADES FISICAS DE LAS ROCAS - VETA PARACOTA

MUESTRA	UBICACIÓN	DENSIDAD gr/cm³	POROSIDAD %	ABSORCION %	ROCA
Gal. 235W	Niv-1900	1.90	7.40	10.50	Toba
Rampa 219		2.10	8.50	12.40	Toba
Gal. 249	Niv-660	1.80	10.40	15.70	Toba

CUADRO N° 4.3b
PROPIEDADES MECANICAS DE LAS ROCAS - VETA PARACOTA

MUESTRA	UBICACIÓN	R.C.SIMPLE Kg/cm²	COHESION Kg/cm²	A.FRICC. °	ROCA
Gal. 235W	Niv-1900	170.60	1.30	27	Toba
Rampa 219		220.30	1.40	28	Toba
Gal.249	Niv-660	97.80	0.80	25	Toba

Para conocer la resistencia del macizo se utilizó el programa geomecánico Roclab y como datos de ingreso a dicho programa fueron:

$$GSI = RMR - 5 = 50 - 5 = 45$$

$$\text{Sigci} = 16.73 \text{ MPa (resistencia a la compresión uniaxial.)}$$

Mi = 13 que corresponde al tufo.

D = 0 factor de disturbancia, por ser la excavación con voladura.

Hoek-Brown Classification

intact uniaxial compressive strength = 17 MPa
GSI = 45 $m_i = 13$ Disturbance factor = 0

Hoek-Brown Criterion

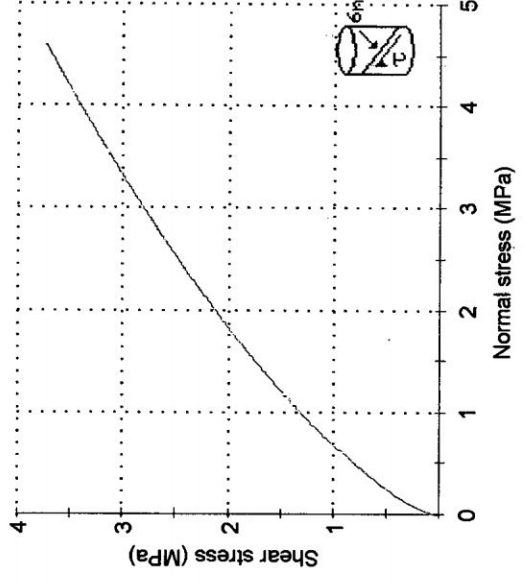
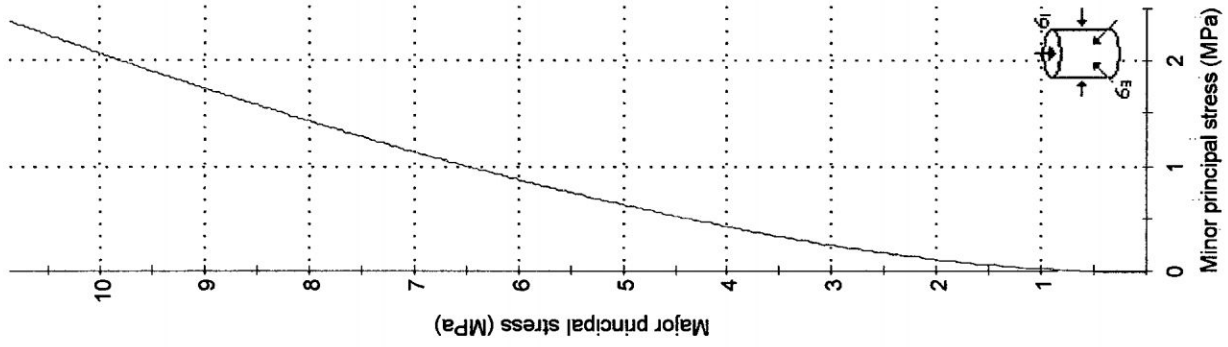
$m_b = 1.823$ $s = 0.0022$ $a = 0.508$

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 0.577 MPa friction angle = 36.13 deg

Rock Mass Parameters

tensile strength = -0.021 MPa
uniaxial compressive strength = 0.762 MPa
global strength = 3.018 MPa
modulus of deformation = 3091.89 MPa



El resultado se detalla en la página siguiente, observándose que el macizo rocoso tiene una baja resistencia por estar constituido por el Tufo Paracota y ésta presentar numerosas discontinuidades.

4.4. SOSTENIMIENTO.

El sostenimiento tiene por objeto mantener abierto ciertos espacios en la mina y crear ambientes de condiciones seguras que protejan a los mineros en sus diferentes actividades.

En toda explotación minera el sostenimiento de labores es un trabajo adicional de alto costo que reduce la velocidad de avance y/o producción, pero a la vez es un proceso esencial para proteger de accidentes al personal y equipos.

Toda fortificación está relacionada con el tipo de terreno, dentro del cual se realizan los trabajos por lo que antes de elegir un método de sostenimiento se debe determinar la clase de terreno.

4.4.1. CLASES DE SOSTENIMIENTO.

A.- SEGÚN EL TIPO DE ROCA.

Roca Buena (Tipo I): Consiste en roca químicamente intacta o fragmentos de roca intactos tienen fisuras y ramales pero los bloques entre las juntas están soldados o tan íntimamente embolados que las paredes verticales casi no necesitan refuerzo. En rocas de este tipo se puede encontrar el desprendido y chasquido.

Roca regular (Tipo II): Roca fracturada agrietada en bloques es una roca químicamente inalterada o casi inalterada, cuyos fragmentos se encuentran totalmente separados unos de otros y no embonan. Este tipo de roca puede necesitar

refuerzo de las paredes verticales o hastiales.

Roca mala (Tipo III): Son las rocas alteradas, fracturadas, son las rocas que requieren el refuerzo en seguida de ser descubiertas o evaluadas.

Roca muy mala (Tipo IV): Son las rocas fuertemente alteradas fácilmente desgregables, este avanza lentamente en la excavación sin aumento perceptible de volumen. Presentan un porcentaje elevado de minerales arcillosos de poca expansibilidad.

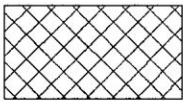

Roca extremadamente mala (Tipo V): Cuyo comportamiento es de un suelo, son terrosos, sueltas, blandas, deleznable, arenosas y movedizas, principalmente por efectos del agua.



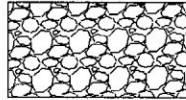
B.- SEGÚN LA CLASIFICACION GEOMECANICA:

El sostenimiento está en función al Tipo de Roca, Tipo de labor, Tiempo de

Abertura y Ancho de la labor.

Tipo de roca:

Tipo de roca		RMR Bieniawski	Calidad de roca	Figura relacionada	Característica	Resist. de la roca
Tipo	color					
III	III A	51 - 60	Regular "A"		Roca de dureza regular, con regular a mayor cantidad de fracturas, ligeramente o regularmente alterada, pequeñas fallas de panizo, terreno con ligero humedecimiento.	Se requiere varios golpes firmes con el martillo del geólogo para romper la muestra.
	III B	41 - 50	Regular "B"		Roca poca blanda con regular o mayor cantidad de fracturas, ligeramente o moderadamente alterada,	Se requiere dos golpes firmes con el martillo de geólogo para






					pequeñas fallas con panizo, terreno con goteo ocasional.	producir fracturamiento.
IV	IV A	31 - 40	Mala "A"		Roca blanda que presenta muchas fracturas, roca alterada, fallas un poco significativas con panizo y goteo de agua.	Se puede rallar o desconchar con una navaja. la muestra se rompe con un solo golpe firme del martillo.
	IV B	21 - 30	Mala "B"		Roca muy blanda e intensamente fracturada, intensamente alterada, fallas significativas con panizo, goteo o flujo de agua constante.	Se denta profundamente.
V	V	0 - 20	Muy mala		Roca muy blanda completamente triturada, intensamente alterada goteo o flujo constante de agua.	Se disgrega o identa profundamente.

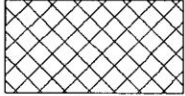




Tipo de labor

Tipo de roca		RMR	Calidad	Labor temporal	Labor permanente
Tipo	Color	Bieniawski	de roca		
III	III A	51 - 60	Regular "A"	Se requiere algún perno esporádico (Split set) de 3' 5' y 7' de longitud.	Se requiere algún perno esporádico si el terreno lo requiere con pernos helicoidales (con resina o cemento) de 5' 7' de longitud (dependerá del ancho de la labor).
	III B	41 - 50	Regular "B"	Sostenimiento con Split set de 5', 7' y malla electrosoldada de 3'x3' en condiciones normales de esfuerzo. en condiciones de altos esfuerzos reforzar con una capa de shotcrete simple de 3" de espesor.	Sostenimiento con malla electrosoldada de 3'x3' y pernos helicoidales de 5', 7' con resina mas una capa de shotcrete simple de 3" de espesor.
IV	IV A	31 - 40	Mala "A"	Cuadros de madera espaciados de 0.80 a 1.00 mts. De distancia de ser necesario lanzar una capa de shotcrete de 3' de espesor como preventivo.	Cimbra tipo 6w20 o equivalente ("), espaciados de 0.80 a 1.20 mts de distancia, previamente una capa de shotcrete reforzada con fibras de acero de 3' de espesor como preventivo avanzar con spilling bar de fierro corrugado de 1' de diámetro.

	IV B	21 – 30	Mala "B"	Lanzar una capa de shotcrete de 4" de espesor como preventivo, cuadros de madera espaciados cada 0.6, 0.8 mts de distancia avanzar con marchavantes.	Cimbra 6w20 o equivalente ("), espaciados de 0.6 a 0.8 mts de distancia previamente una capa de shotcrete reforzado con fibra de 3" de espesor como preventivo, avanzar el frente con spilling bar de de fierro corrugado de 1" de diámetro y/o de ser necesario avanzar con marchavantes de riel.
V	V	0 – 20	Muy mala	Lanzar una capa de shotcrete mayor a 4" de espesor como preventivo, cuadros de madera espaciados menos de 0.6 mts de distancia avanzar con marchavantes.	Cimbras tipo 6w20 o equivalente ("), espaciadas menor de 0.6 mts de distancia previamente con una capa de shotcrete reforzada con fibra de acero de 4" de espesor preventivo avanzar el frente con marchavantes de riel.

Tiempo de abertura

TIEMPO DE AUTOSOSTENIMIENTO POR TIPO DE ROCA PARA TAJEOS						
Tipo de roca		RMR Bieniawski	Calidad de roca	Figura relacionada	Tajeos de hasta 5 mts de ancho	Tajeos mayores de 5 mts de ancho
Tipo	color					
III	III A	51 – 60	Regular "A"		25 días	4 días
	III B	41 - 50	Regular "B"		2.5 días	8 horas
IV	IV A	31 - 40	Mala "A"		5 horas	1 hora
	IV B	21 - 30	Mala "B"		0.5 horas	Colapso inmediato
V	V	0 - 20	Muy mala		Colapso inmediato	Colapso inmediato

TIEMPO DE AUTOSOSTENIMIENTO POR TIPO DE ROCA PARA LABORES DE AVANCE					
Tipo de roca		RMR Bieniawski	Calidad de roca	Figura relacionada	TIEMPO DE AUTOSOSTENIMIENTO
Tipo	color				
III	III A	51 - 60	Regular "A"		1.5 meses
	III B	41 - 50	Regular "B"		5 días
IV	IV A	31 - 40	Mala "A"		16 horas
	IV B	21 - 30	Mala "B"		2 horas
V	V	0 - 20	Muy mala		Colapso inmediato

*se considera una guardia de trabajo de sostenimiento
Fuente: Excavaciones subterráneas de (Hoek & Brown - 1980)

Ancho de la labor

Tipo de roca		RMR Bieniawski	Calidad de roca	TAJOS DE HASTA 5 mts DE ANCHO
Tipo	color			
III	III A	51 - 60	Regular "A"	Sostenimiento con pernos esporádicos Split set de 5' o 7' de longitud (depende del ancho de la labor).
	III B	41 - 50	Regular "B"	Sostenimiento con Split set de 5' o 7' de longitud (depende del ancho de la labor) y malla electrosoldada en toda la sección.
IV	IV A	31 - 40	Mala "A"	Sostenimiento con Split set de 5' o 7' de longitud (depende del ancho de la labor) malla electrosoldada de 3'x3' mas una capa de de chotcrete de 3" de espesor.
	IV B	21 - 30	Mala "B"	Sostenimiento con Split set de 5' o 7' de longitud (depende del ancho de la labor) malla electrosoldada de 3'x3' previamente adicionar una capa de shotcrete de 3" de espesor con fibra de acero considerar la utilización de Wood pack gatas metálicas. Puntales de madera.

Tipo de roca		RMR Bieniawski	TAJEOS MAYORES DE 5 mts DE ANCHO		
Tipo	color		Calidad de roca	Corona	Hastial
III	III A	51 - 60	Regular "A"	Sostenimiento con Split set de 7' de longitud espaciados cada 1.5 mts.	Sostenimiento esporádico con Split set de 7' de longitud.
	III B	41 - 50	Regular "B"	Sostenimiento sistemático de Split set y malla electrosoldada de 3'x3' considerar la utilización de Wood pack simples o dobles el cual dependerá del ancho de la labor.	Sostenimiento con Split set de 7' de longitud mas malla electrosoldada de 3'x3'.
IV	IV A	31 - 40	Mala "A"	Sostenimiento sistemático de Split set de 7' de longitud mas malla electrosoldada de 3'x3'. Adicionar una capa de shotcrete de 3" de espesor considerar la utilización de Wood pack, gatas mecánicas, puntales de madera.	Sostenimiento con Split set de 7' de longitud mas malla electrosoldada de 3'x3' y reforzar con una capa de shotcrete de 3' de espesor.
	IV B	21 - 30	Mala "B"	Utilización de Split set de 7' mas malla electrosoldada de 3'x3'. Adicionar una capa simple de shotcrete de 4" de espesor considerar la utilización de Wood pack simple o doble, gatas mecánicas, puntales de madera.	Sostenimiento con Split set de 7' de longitud mas malla electrosoldada de 3'x3'. Adicionar capa de shotcrete de 4' de espesor.

CRITERIOS GEOMECANICOS BASICOS (RAFO)

CRITERIO GEOMECANICO BASICO		DESCRIPCION	HERRAMIENTA A USAR	TIPO DE ROCA	CRITERIOS GEOMECANICOS BASICOS					
R	Resistencia de la roca	Resistencia media: En la roca cuando existe rebote en la roca al golpear con la barretilla de punta.	Barretilla	III	R	Resistencia media				
		resistencia baja: Cuando existe hundimiento superficial en la roca al golpear con la barretilla de punta.			A	Alteración silícica				
A	Alteración de la roca	Alteración silícica: Cuando rebota en la roca la barretilla al golpe coloración oscura o coloración amarillenta y rugosa al contacto con la mano.			flexometro	IV	F	Moderada fracturación		
		Alteración argílica: Cuando se hunde superficialmente en la roca la barretilla de punta al golpe coloración plomiza y liza al contacto con los dedos.					O	Fractura con rumbo perpendicular al eje de excavación avance en sentido del buzamiento.		
F	Fracturamiento de la roca	Moderadamente fracturada: De 6 a 12 fracturas por metro lineal.					flexometro	IV	R	Resistencia media
		Muy fracturada: De 12 a 20 fracturas por metro lineal.							A	Alteración silícica
O	Orientación de la fractura	Fracturas con rumbo perpendicular al eje de excavación: Avance en dirección del buzamiento y avance en contra del sentido del buzamiento.	flexometro	IV	F	Muy fracturada				
		Fracturas con rumbo paralelo al eje de excavación.			O	Fracturas con rumbo perpendicular al eje de excavación.				

4.5. SISTEMA DE SOSTENIMIENTO ACTIVO.

a.- SEGÚN GRADO DE PERMANENCIA

Soporte permanente: Se utilizara en labores como Rampas, ventanas y/o cruceros, galerías, chimeneas de ventilación, subestaciones eléctricas, complejos de bombeo principales, etc. el sostenimiento está conformado: cimbras metálicas, pernos con malla y shotcrete, pernos sistemáticos mas shocrete, shotcrete con fibras de acero o con fibras sintéticas (shotcrete estructural), cuadros de madera.

Soportes temporales: Se utilizara en labores como tajos, sub niveles, estocadas. El soporte está conformado por pernos, pernos con malla, cuadros de madera, puntales de seguridad, entre otros.

4.5.1. SOSTENIMIENTO ACTIVO.

Se entiende como refuerzo del macizo rocoso en la excavación subterránea por aquellos elementos que actúan inmediatamente al ser instalados y proveen un refuerzo a la masa rocosa aumentando la resistencia friccional entre bloque que la conforman, como:

- ✓ Split set.
- ✓ swellex.
- ✓ Pernos helicoidales.
- ✓ Pernos cementados.
- ✓ Pernos corrugados.
- ✓ Pernos hydrabolt.

Ventajas:

- ✓ Aumenta el tamaño efectivo de las rocas.
- ✓ Forma un arco compresivo por encima de la corona.

- ✓ Suspende bloques sueltos.
- ✓ “Trabaja dentro de la roca”

Sostenimiento activo	Soporte	Grafico	Descripción
Split set	1.5 TN / pie		Fácil de instalar cuando se tiene un adaptador. Es económico. Empleado en tajos, y frentes. Actúa excelente en roca competente y estructuras con filtraciones de agua. Por la abertura permite el drenaje del agua.
Swellex	2.8 a 3 TN / pie		Instalación es rápida y sencilla. En roca estratificada y dura funciona bien. Se adecua a las sinuosidades del taladro lográndose un mayor contacto a la fracción con la pared del taladro.
Pernos helicoidales	10 TN		
Pernos cementados (CEMBOL)	20 TN (perno de 6 pies)		Es económico en comparación con el perno helicoidal. Fácil de transportar. No se requiere de bomba inyectora.
Pernos de fierro corrugados	10 a 15 TN		Es un perno económico. Es un perno que actúa excelente en el anclado de mallas. Se recomienda para sostener labores principales de acceso, bodegas, sub-estaciones, etc.
Pernos hydrabolt	10 TN		Instalación fácil y rápida. Tiene un dispositivo (válvula) que indica el total inflado y llenado de agua. Es más económico que el perno swellex.

4.5.1.1. SOSTENIMIENTO CON PERNOS SPLITS SET EN LA RAMPA 219.

El perno Split set es un perno de roca de material de fierro blindado que tiene un orificio internamente que permite adecuarse según el menor diámetro del taladro. Es un perno activo de fricción porque no requiere de otro elemento de adhesión y actúa en toda la longitud del taladro.

a).- Personal, EPP, equipos, herramientas y materiales:

		COSTO UNITARIO PERNO SPLIT SET		CUADRO Nº 4.5.1.1					
ITEM	DESCRIPCION	Cantidad	Unidad	% Incid.	P.U.(US\$)	Parcial	SubTotal	TOTAL(US\$)	
Rendimiento : 24 Und/Gdia									
1.00	MANO DE OBRA								
	Perforista	8	h/h	100%	2.50	20.00	0.83		
	Ayudante Perforista	8	h/h	100%	2.00	16.00	0.67		
	Capataz	8	h/h	100%	3.44	27.52	1.15	2.65	
2.00	MATERIALES								
	Perno split set de 5'	24	Und	100%	16.50	396.00	16.50		
	Barrenos de 5'	1	Pie	100%	0.25	0.25	0.01	16.51	
3.00	IMPLEMENTOS Y HERRAMIENTAS								
	Implementos de Seguridad Agua	8	Und	100%	0.23	1.84	0.08		
	Herramientas 5%		%mo	100%	3.18	3.18	0.13	0.21	
4.00	EQUIPOS								
	Perforadora Jack Leg	8	h-m	60%	10	48.00	2.00		
	Compresora de 650 CFM	8	h-m	60%	35	168.00	7.00	9.00	
	COSTO DIRECTO							25.72	
	GASTOS GENERALES Y UTILIDAD	25%						6.43	
	COSTO TOTAL	US \$ /Und						32.15	

Personal	EPP	Equipos	Herramientas	Materiales
1 Maestro perforista. 3 Ayudantes perforista.	Casco. Mameluco. Botas punta de acero. Anteojos. Correa de cuero. Respirador contra polvo y gas. Lámpara. Protector de oídos. Guantes de cuero.	Máquina Perforadora Jack Leg	Adaptador o empujador de split set. Juego de barrenos. Plataforma de perforación 02 bastidores ajustables. Pico y pala. Discos de jebe Combo Llave Stilson. Arco de sierra 01 Saca barrenos 01 Saca broca 01 reflector.	Split set de (1',5' y 7'). Malla electrosoldada de 3" x 3". Platina.

b).- Preparación del lugar de trabajo:

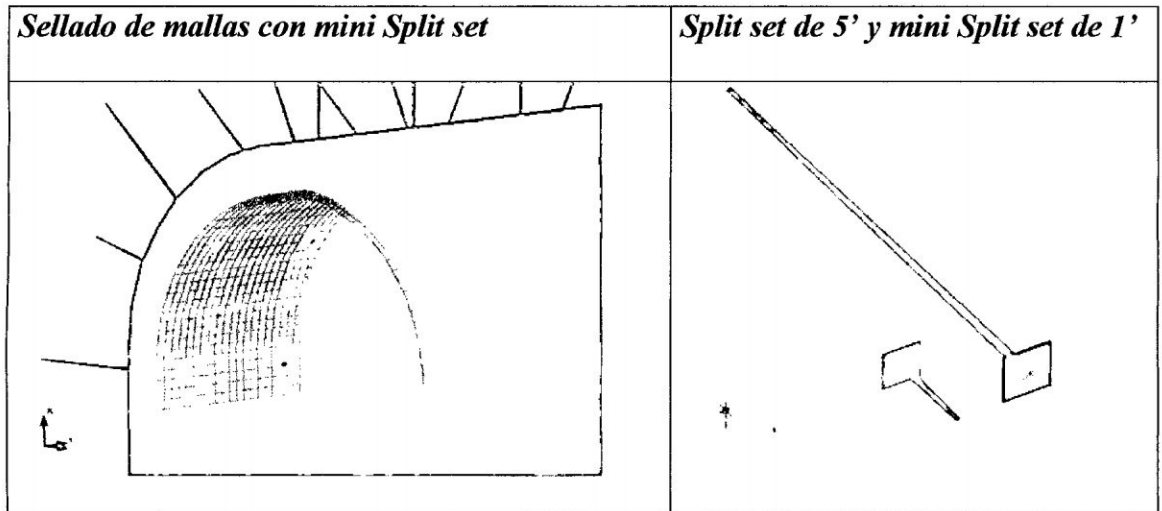
- ✓ Realizamos el llenado de sheck list diario.
- ✓ Delimitamos el área de trabajo con cinta amarilla.
- ✓ Realizamos el desatado de roca.
- ✓ se realiza el limpiado del frente de trabajo con el Soop.

c).- Procedimiento de Instalación de Split set:

Una vez limpia la labor se procede a la ventilación y la iluminación del frente para realizar el trabajo, como el Scoop ha limpiado la labor y esta labor presenta pendiente negativa se procede a realizar un redesatado del frente y a volver a limpiar de forma manual.

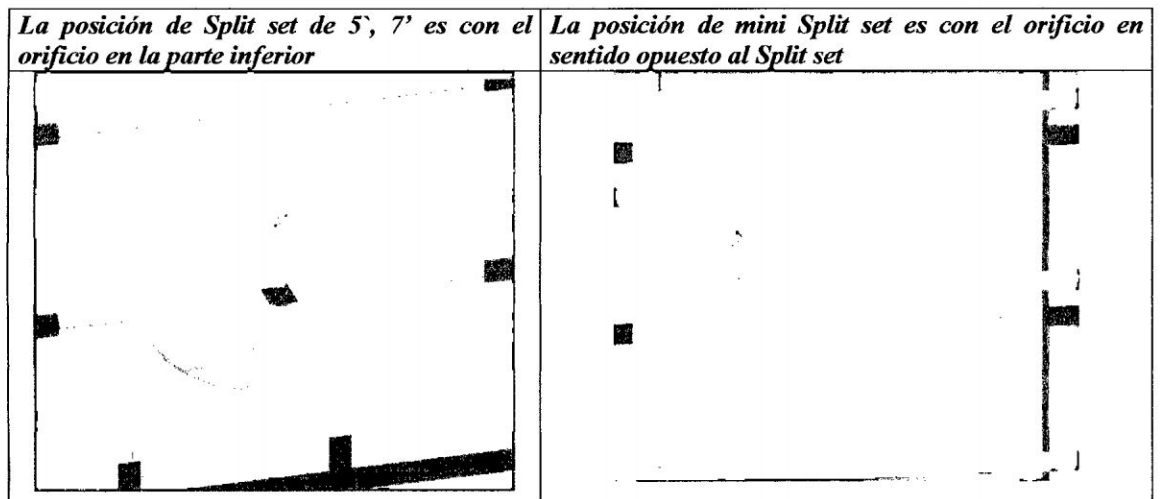
Para frentes de avance se colocan Split set de 5' para esto primero se debe de inspeccionar el equipo para ver si está en buen estado, una vez inspeccionado el

equipo se procede a empalmar la malla si hubiera una malla anterior para esto usamos los mine Split set 1'.



Sellamos la malla con el mini Split set este debe ser colocado en sentido opuesto al Split set de 5' y luego sostenemos la malla con el bastidor para poder realizar la perforación con el barreno de 6'.

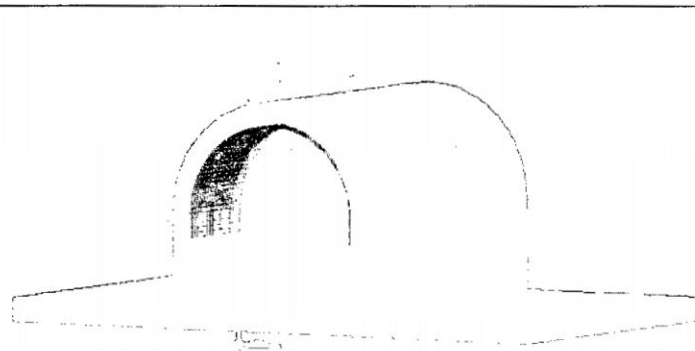
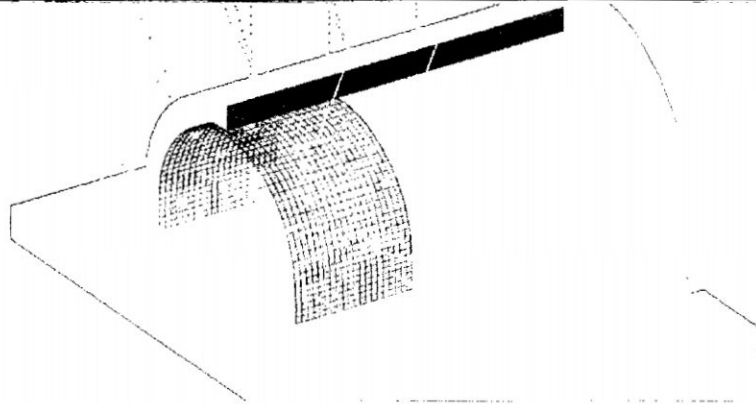
Perforado el taladro de 6' se procede a quitar el barreno y colocar el adaptador para insertar el Split set la posición del Split set es con el orificio en la parte inferior del taladro, para que este entre sin problemas.



Este proceso se realiza para todos los Split set.

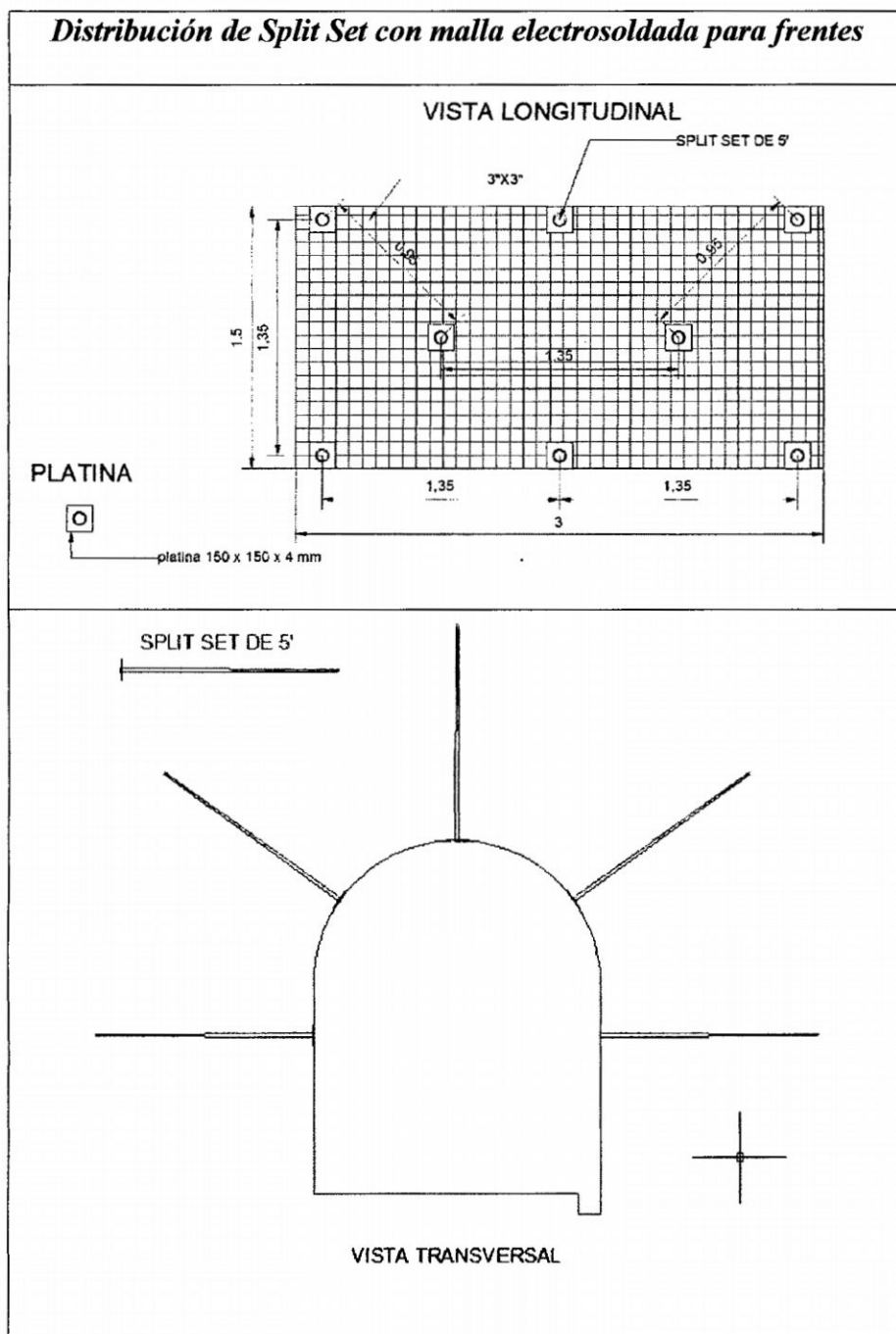
Rampa 219

En una labor de avance el numero de Split set de 5' es de 9 y el numero de mini Split set es de 5



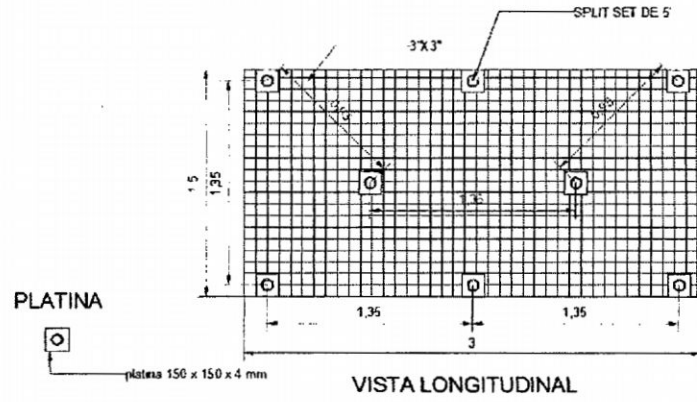
Ingreso a la rampa 219

Comunicación con el tajo 216

Distribución de Split set con malla electro soldada según Buenaventura:

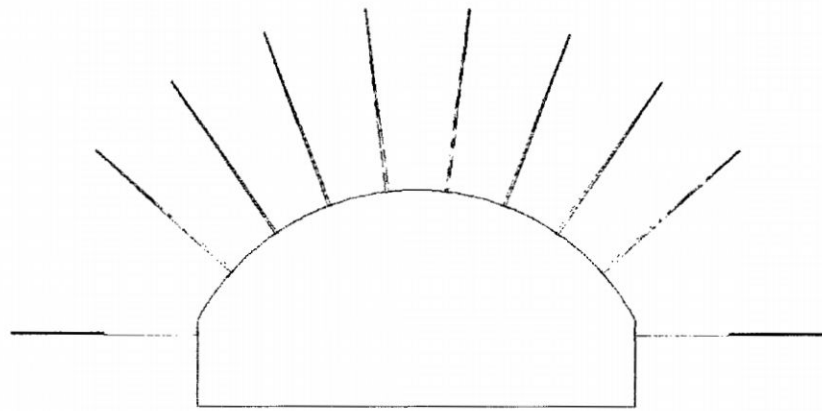
Distribución de Split Set con malla electrosoldada para tajos

VISTA LONGITUDINAL




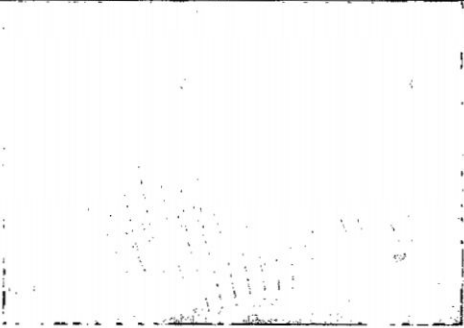
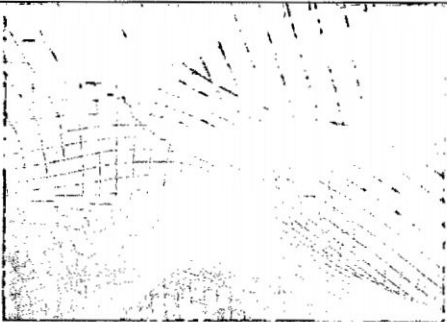
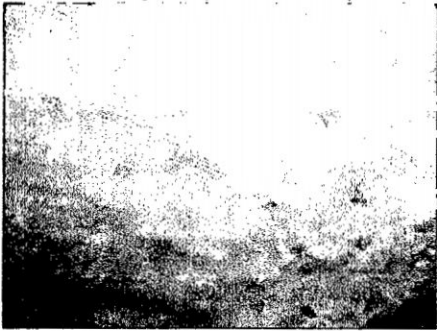
VISTA LONGITUDINAL

SPLIT SET DE 7



VISTA TRANSVERSAL

Errores cometidos en el sostenimiento con Split set:

<i>Falta sellar mallas</i>	<i>Split set dobles</i>
	
<i>Falta sellas Split set con mini Split set</i>	<i>Split set no cortados</i>
	

4.5.2. SOSTENIMIENTO PASIVO.

Controlan desprendimientos de superficie rocosa y forman una superficie más amplia para distribuir la carga, son diseñados para estabilizar la masa rocosa mediante el control del colapso progresivo o de deformación de la misma.

Elementos de soporte tales como:

- Shotcrete.
- Gatas de fricción.
- Cuadros de madera.
- Paquetes sudafricanos.

- Mallas electrosoldadas.
- Cimbras omega.
- Cerchas de perfil H.

“trabajan fuera de la carga”

Sostenimiento pasivo		Soporte	Grafico	Descripción
Shotcrete		1.5 TN		
Gatas de fricción H6		12 a 14 TN		Instalación es rápida y sencilla. En roca estratificada y dura funciona bien. Se adecua a las sinuosidades del taladro lográndose un mayor contacto a la fracción con la pared del taladro.
Cuadros de madera		12 TN		
Paquetes sudafricanos	Paquete doble	180 TN		Es económico en comparación con el perno helicoidal. Fácil de transportar.
	Paquete simple con jack pack	160 TN		No se requiere de bomba inyectora.
Cimbras		20 TN		Instalación fácil y rápida. Tiene un dispositivo (válvula) que indica el total inflado y llenado de agua. Es más económico que el perno swellex.

4.5.2.1. SOSTENIMIENTO CON MADERA.

La madera es un material más barato que puede utilizarse. Es satisfactorio desde el punto de vista de su resistencia, pero su corta duración es la característica desfavorable.

La duración de la madera es muy variable, pues depende de las condiciones en que trabaja.

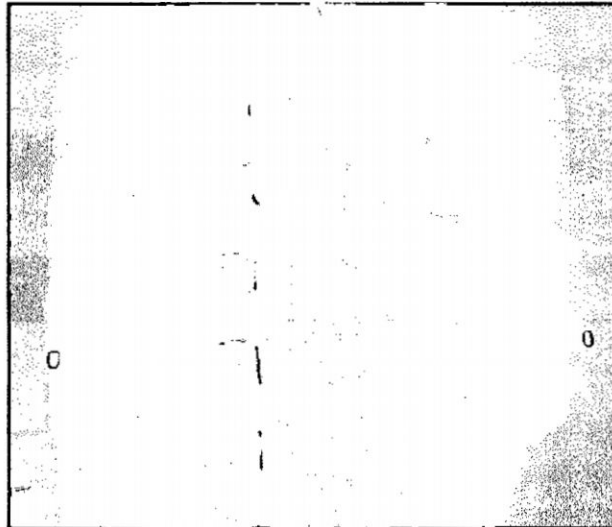
- La madera seca dura más.
- La madera descortezada dura más que aquella que conserve la corteza.
- La madera curada más que la que no ha sido tratada.

- La madera en una bien ventilada dura más que en una zona húmeda y caliente.
- La madera dura en entre 1 a 3 años.

4.5.2.1.1. USO DE PAQUETES WOOD PACK.

Este tipo de sostenimiento es parte del sistema de sostenimiento con madera y consistente en el uso madera cuadrada que se coloca en forma entrecruzada a manera de un pilar y es utilizado en el sostenimiento de tajeos.

Debemos de tener en cuenta para el armado de Wood pack presenta un radio de influencia de 6 m, y que la posición de estos debe ser formando filas separadas entre cada Wood pack como máximo 4 m esta distancia se toma teniendo en cuenta el radio de influencia y que los equipos de limpieza como los scoop puedan pasar entre los paquetes.



COLOCACION DEL WOOD PACK:

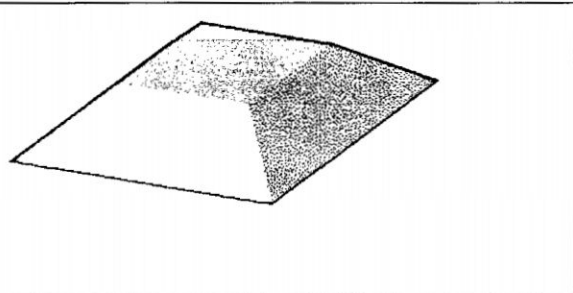
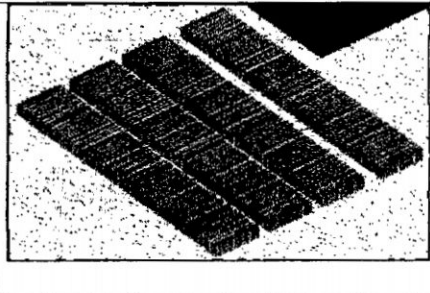
a.- Personal, EPP, equipos, herramientas y materiales.

personal	EPP	Equipos	Herramientas	Materiales
1 Maestro 3 Ayudantes	Casco. Mameluco. Botas punta de acero. Anteojos. Correa de cuero. Respirador contra polvo y gas. Lámpara. Protector de oídos. Guantes de cuero.	Bomba para inflar jack pack.	Barretillas. Combo de 6 lb. Corvina. Pico pala. Flexometro. Plomada. Cordel. Roldana o pasteca. Cuerda de 3/4". Cizalla.	Paquetes de madera. Jack pack. Cuiñas. Tablas.

b).- Preparación del lugar de trabajo.

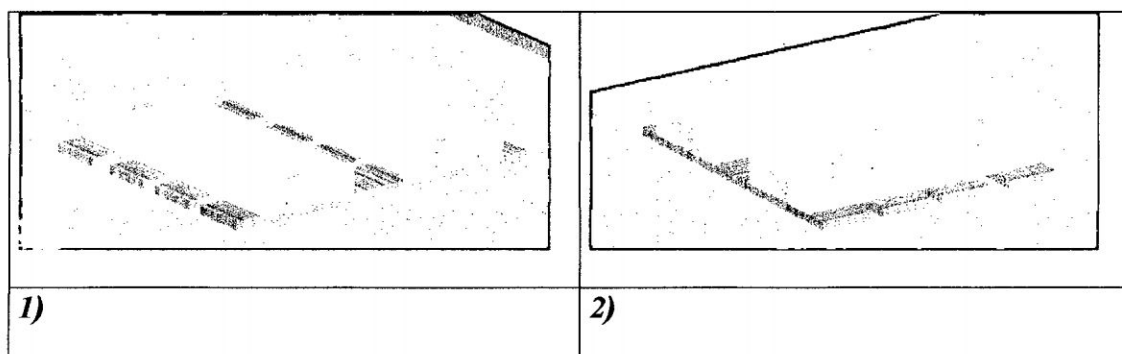
- Realizamos el llenado de sheck list diario.
- Delimitamos el área de trabajo con cinta amarilla.
- Realizamos el desatado de roca.
- Se genera el piso del paquete esto se consigue realizando el nivelado del suelo, el piso se puede realizar en forma manual cuando se tiene altura cuando la altura es grande y las condiciones son desfavorables se utiliza equipos como el Scoop para generar el piso.

c.- Armado de paquete simple con jack pack en tajo 212

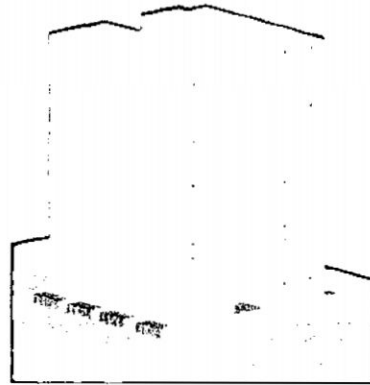
	
<i>Piso de paquete</i>	<i>Colocación de tablas para el piso</i>

Una vez creado y nivelado el piso se procede a colocar tablas en el piso esto para que el esfuerzo que produzca el jack pack al ser inflado no se pierda por los vacios de los paquetes.

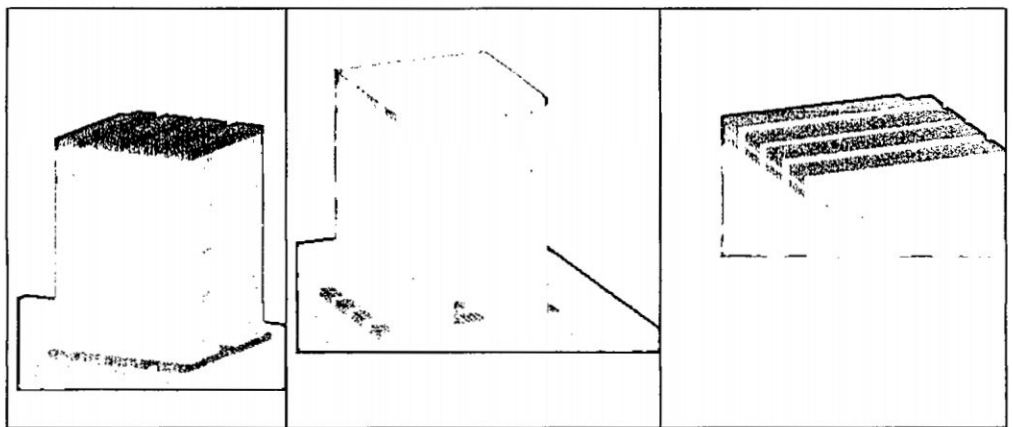
Se debe de colocar las dos primeras unidades en forma paralela una de otra teniendo en cuenta que la distancia entre extremos debe de ser de 1m formando un cuadrado luego de esto se procede a realizar el segundo paquete colocándolo en un plano perpendicular al anterior y ayudándonos con un combo de 6 lbs. Para acomodar el paquete debemos de buscar la perpendicularidad a los lados del paquete para que de esta manera tenga mayor estabilidad y estética.



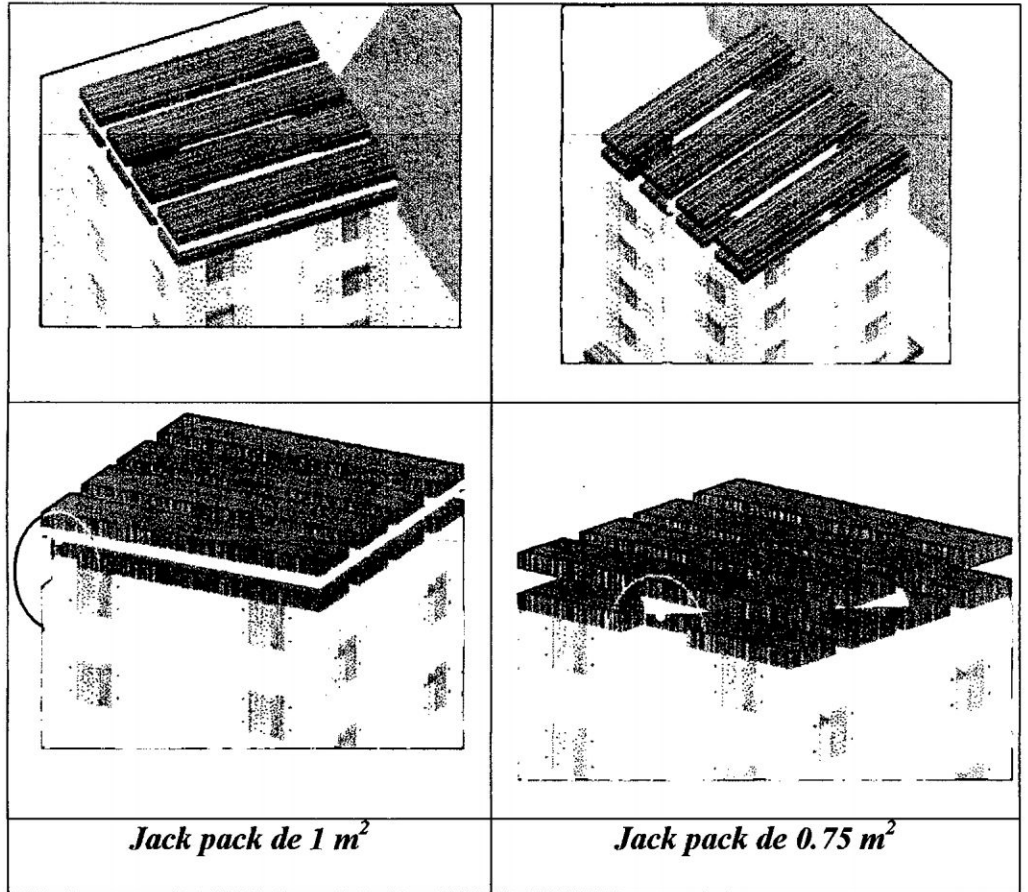
los paquetes se arman procurando que no superen una altura mayor a 3 veces la distancia de la base una vez colocado los paquetes a una altura considerada se debe hacer uso de la rondana o polea para poder izar los paquetes con seguridad esto se realiza colocando la rondana en la parte superior de los paquetes luego de esto se procede a atar el paquete con el nylon y gancho metalico el paquete elevado se coloca sobre los otros paquetes este proceso se realiza hasta llegar a la altura donde se debe colocar el jack pack.



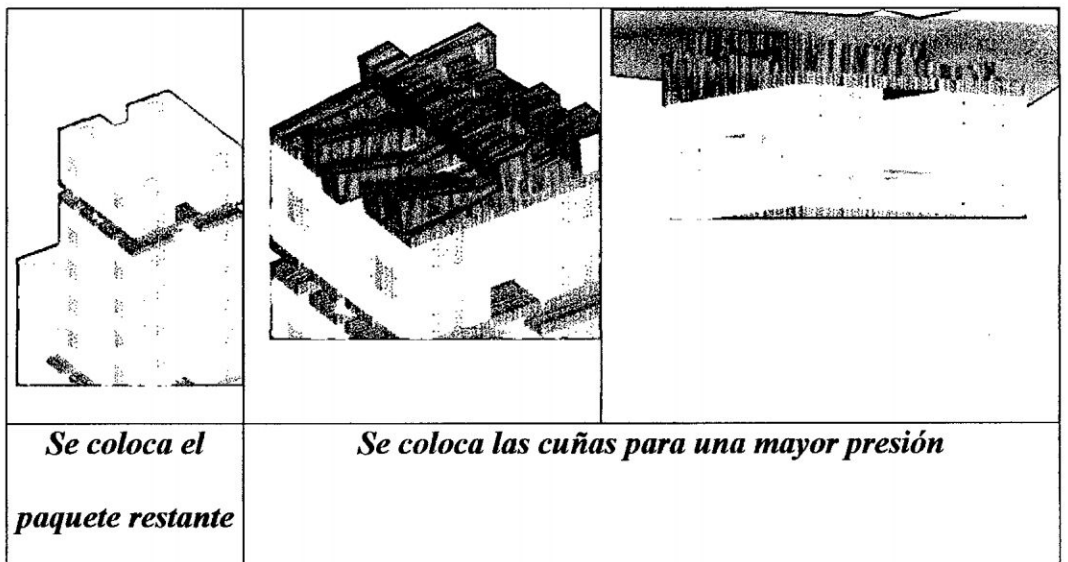
Para colocar el jack pack se debe de haber llegado a las 2/3 partes de la estructura una vez realizado esto se procede a colocar cuatro tablas debajo y sobre el jack pack esto se realiza para que al momento de inflar el jack pack el esfuerzo generado no se pierda por los vacios del paquete a demás de esto se debe colocar el jack pack con el pistón hacia la cara del piso.



La posición del jack pack depende de las dimensiones del mismo en la mina se trabaja con dos dimensiones de jack pack de 1 m^2 y 0.75 m^2 de la misma forma el destaje que se realiza para el piston depende de la posición del jack pack.



Una vez colocado el jack pack procedemos a colocar sobre esto los paquetes que faltan una vez llegado al techo de la labor se procede a colocar las cuñas de madera para que de esta manera el paquete tenga mayor presión y trabaje de manera adecuada.



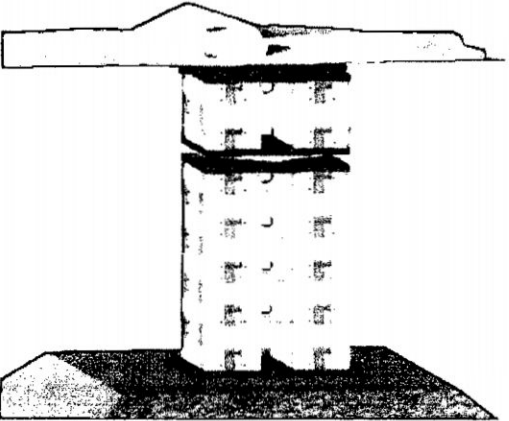
Al término de armar la estructura, se procede a activar el Wood pack inflando el jack pack esto se consigue utilizando la bomba la cual cuenta con tres mangueras dos mangueras en la parte inferior de la bomba una de las cuales se conecta al aire comprimido y la otra al agua, la otra manguera por donde sale el agua a gran presión comunica a la boquilla que es conectada al jack pack luego de esto se aprieta el gatillo que inyecta agua a gran presión en el jack pack produciendo el inflado de la misma se debe procurar evitar sobre inflar el jack pack más de 10 cm.



d.- Finalización del trabajo

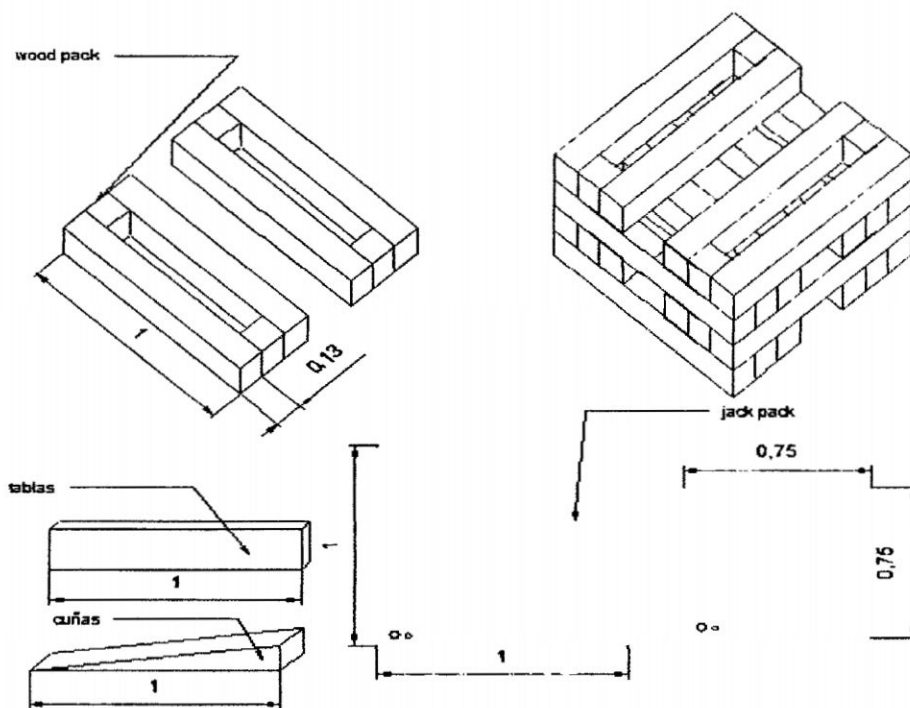
Una vez inflado el jack pack se debe de realizar la codificación del mismo de la siguiente manera:

- Mes (#ene – mar – feb...)
- 4 semanas del mes (a-b-c-d)
- Numero de vueltas.

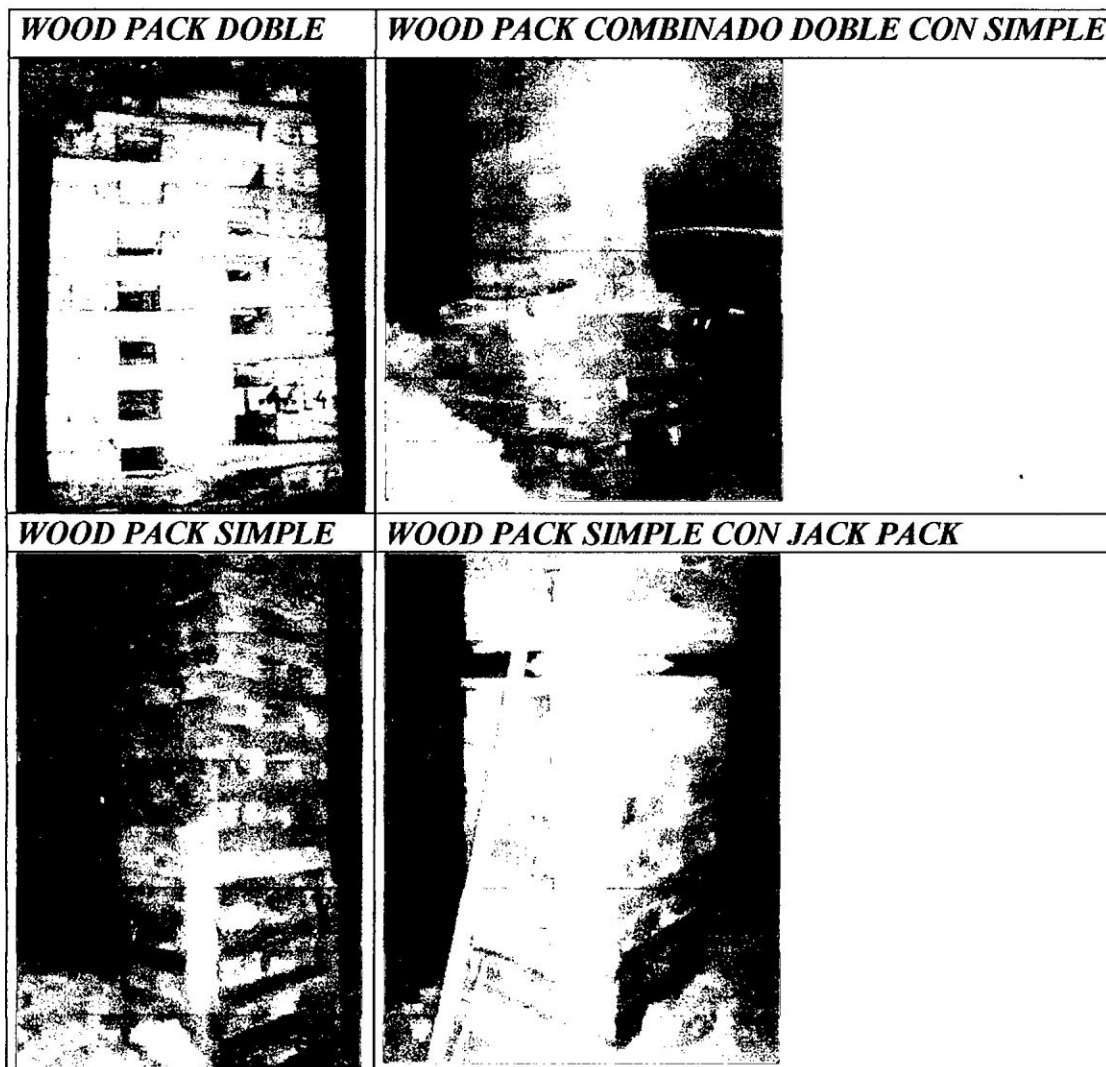
	Código
	(5abril – b – 12)
	Significado
	El 5 wood pack Mes – 2 semana – 12 vueltas

Hacer orden y limpieza y llevar los materiales y herramientas a la bodega.

Dimensiones de Wood pack



Tipos de Wood pack



e).- *Tiempos de instalación tomados en el tajo 212:*

<i>Actividad</i>	<i>Tiempo</i>
desatado de roca y nivelado del lugar (h:mn:seg)	00:18:00
traslado de material (hs:mn:seg)	00:22:00
colocado de Wood pack 10 vueltas (hs:mn:seg)	00:34:00
colocado de tablas y jack pack (h:mn:seg)	00:15:00
completado de vueltas (h:mn:seg)	00:18:00
colocado de cuñas (h:mn:seg)	00:15:00
Total (h:mn:seg):	02:02:00

4.5.2.1.2. CÁLCULO DE RESISTENCIA.

Los cuadros de madera se utilizan en el sostenimiento de galerías, subniveles y tajeos, cuando el terreno es del tipo III, IV y V.

Como ejemplo del uso de madera en el sostenimiento de labres, se tiene lo realizado en el nivel 4690 subnivel 032.

4.5.2.2. CUADROS DE MADERA.

Es un tipo de estructura de sostenimiento de acuerdo al tipo de terreno y a condiciones especiales de cada mina.

TIPOS DE CUADRO:

- a.- Cuadro recto: usado cuando la mayor presión es del techo de la labor. El sombrero y postes forman 90° .
- b.- Cuadro cónico: cuando la mayor presión procede de los hastiales. Se reduce el sombrero y el poste forma un ángulo de 78° a 82° con respecto al piso, quedando el cuadro en forma trapezoidal.
- c.- Cuadro cojo: solo constan de un sombrero y un poste, usado en labores de sección angosta y donde una de las cajas debe ser de roca competente.

DISEÑO DE CUADROS DE MADERA.

Datos:

Ancho de la galería = 1.83 m. (La)

Altura de la galería = 2.13 m

Distancia entre cuadros = 1.0 m. (a)

Esfuerzo de flexión de la madera de eucalipto = 80 Kg/cm^2 .(Gsf)

Esfuerzo cortante permisible para la madera de eucalipto = 20 Kg/cm^2

Condiciones de carga = media ($\alpha = 0.5$)

Densidad del mineral = 2.70 Ton/m³ (&)

Presión de techo : $Gt = \alpha \cdot La$

$$Gt = 0.5 \times 2.70 \text{ Ton/m}^3 \times 1.83 \text{ m.} = 2.47 \text{ Ton/m}^2 = 0.247 \text{ Kg/cm}^2$$

Presión lateral $Gy = KGt$ $K = 1.0$

$$Gy = 1.0 \times 0.247 \text{ Kg/cm}^2$$

Cálculo del diámetro del puntal:

$$Db = 0.117 \frac{Lb \cdot (\frac{a}{Gsf})^{0.33}}$$

Lb = longitud del sombrero = 183 cm.

$$Db = 0.117 \times 183 \left(\frac{100}{80} \right)^{0.33}$$

$$Db = 23 \text{ cm.} = 9 \text{ ''}$$

Verificación del diámetro con respecto al esfuerzo cortante en las esquinas. Se considera que se hará destaje para fijar en el poste, resultando el diámetro del sombrero en esta parte de 18 cm.(Dc)

$$\begin{aligned} T_{\max} &= 0.849 \frac{Gt \cdot Lb \cdot a}{dc^2} \cdot \frac{Db}{dc} \\ &= 0.849 \times \frac{0.247 \times 183 \times 100 \times 23}{18^3} \end{aligned}$$

$$T_{\max} = 15.13 \text{ Kg/cm}^2$$

Como $15.13 < 20 \text{ Kg/cm}^2 \Rightarrow$ Seguro

Los postes tendrán el mismo diámetro del sombrero.

COLOCACION DE CUADROS DE MADERA:**a).-Personal, EPP, equipos, herramientas y materiales:**

Personal	EPP	Equipos	Herramientas	Materiales
1 Maestro enmaderador.	Casco. Mameluco.		Barretillas. Combo de 6 lb.	Cordel. Clavos.
3 Ayudantes enmaderador.	Botas punta de acero. Anteojos. Correa de cuero. Respirador contra polvo y gas. Lámpara. Protector de oídos. Guantes de cuero.		Corvina. Pala. Flexometro. Plomada. Nivel. Caballete. Puntas. Formón.	Tablas. Puntales.

b).- Preparación del lugar de trabajo.

- Realizamos el llenado del IPER y llenamos el sheck list diario.
- Delimitamos el área de trabajo con cinta amarilla.
- Realizamos el regado de la labor y el desatado de roca tratando de perfilar la sección eliminando pechos de los hastiales y techo.
- Realizamos la limpieza de la labor.

c).- Construcción de cuadros de madera en subnivel 032:

Una vez que se termino de limpiar el frente el maestro procede a realizar las mediciones correspondientes a la sección de la labor ya que en algunas ocasiones la voladura ensancha la labor por esta razón las medidas de los sombreros dependen de la sección.

Una vez realizado estas mediciones se procede a escoger los puntales dependiendo del diámetro de estos para los sombreros y postes se escoge puntales de 7" a 8" y para los tirantes de 4" a 5" y el encribado.

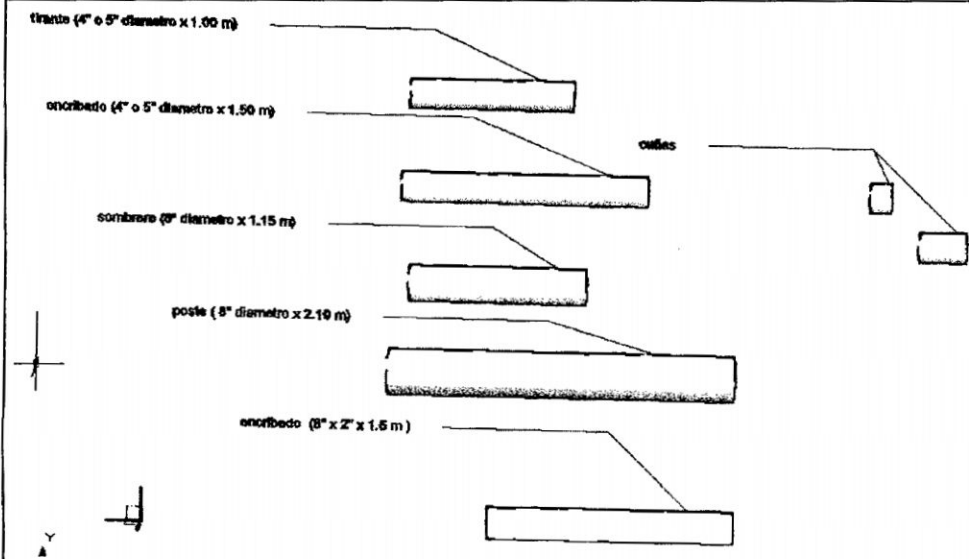
Se separan tablas de 8"x2" x 1.5 m para el enrejado y encribado.

Separado la madera a trabajar se procede a realizar los cortes en el caballete los postes a 2.10 m, los sombreros 1.15 m, los tirantes a 1.0 m y los encribados a 1.40 o 1.50 m.

Una vez cortados los materiales se procede a realizar el destaje para esto se utiliza un formón primero se realiza un corte con la corvina de aproximadamente 2" y luego con el formón se procede a realizar el destaje.

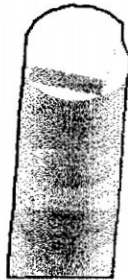
Con la madera sobrante se procede a realizar redondos que serán utilizados como cuñas para los extremos de los sombreros.

Medidas de los materiales



destajes

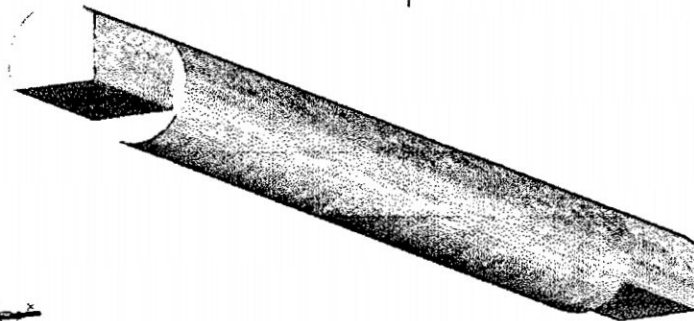
Poste



Poste



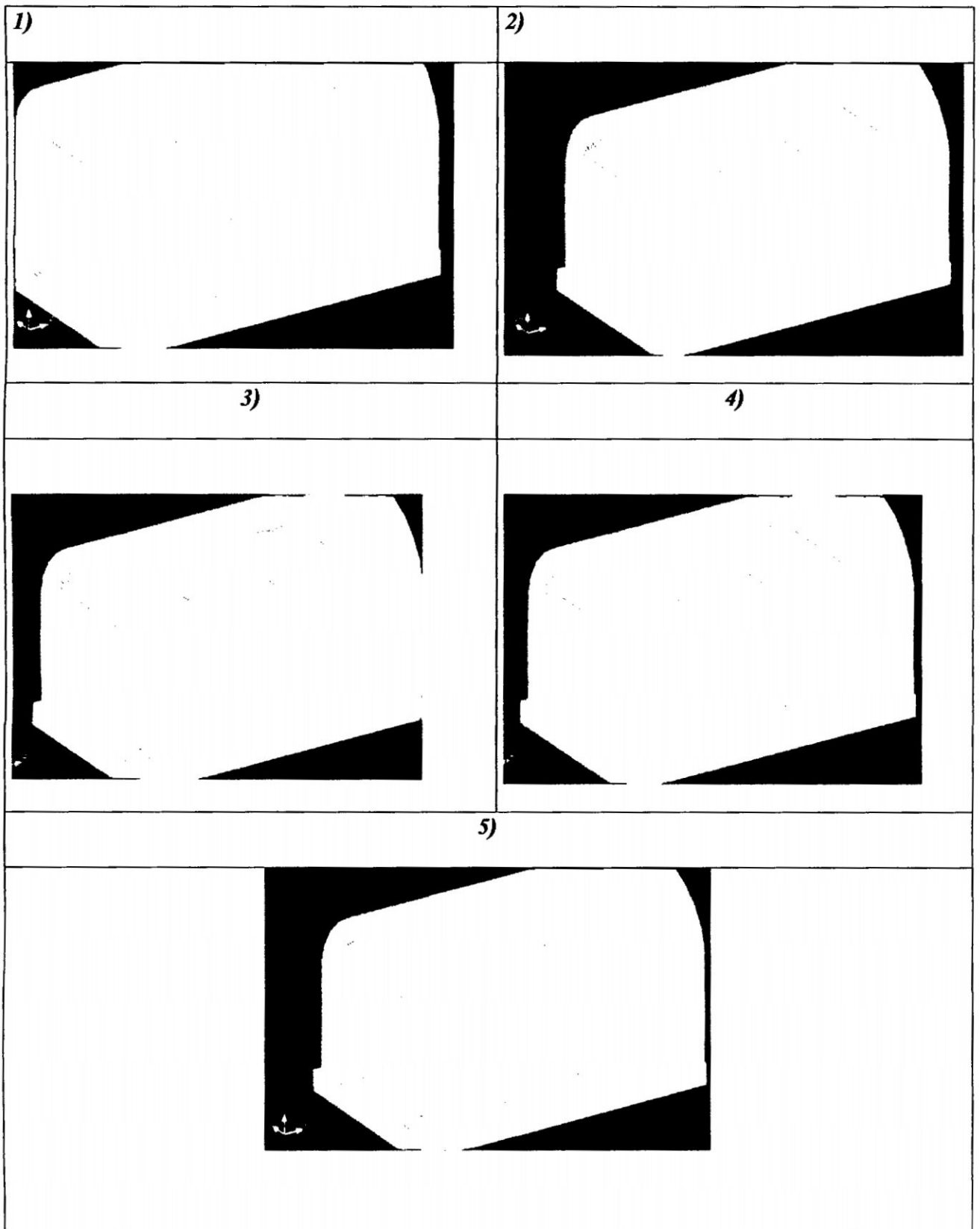
Sombrero



Una vez teniendo todo el material cortado a disposición se procede a subir al subnivel para esto debemos atar bien la madera a la soga de $\frac{1}{2}$ " y subir, una vez hecho esto realizamos las patillas a una profundidad de 0.40 m.

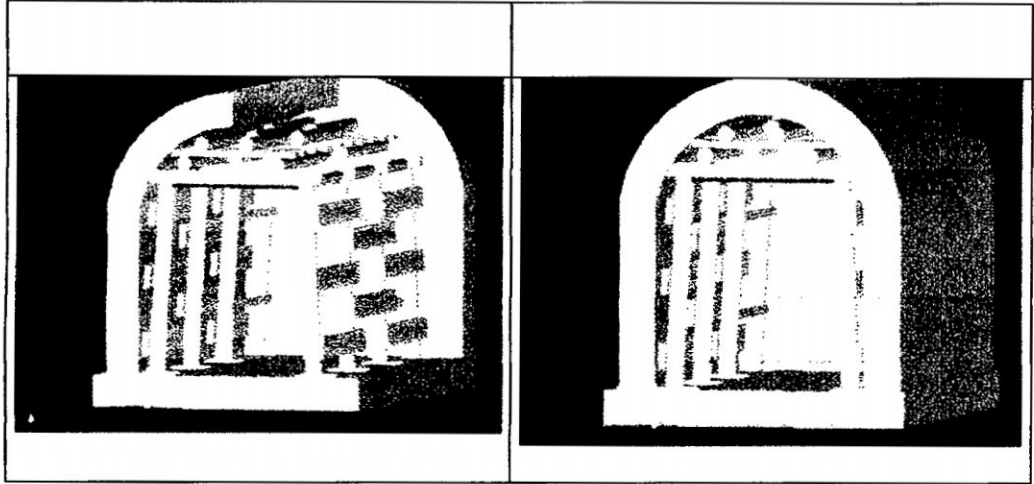


Paramos los postes y presentamos los postes con un atacador de madera para que estén en forma horizontal uno de otro. Luego de comprobar su horizontalidad cubrimos las patillas con el material procurando que este lo más firme posible, luego colocamos el sombrero haciendo que este lo más presionado con los hastiales para esto recurrimos a los redondos cortados lo que usamos como cuñas, luego colocamos los tirantes procurando que estén a 1.0 m de distancia colocamos los tablones de 1.50 m y llenamos con rocas el enrejado tratando que este lo más firme posible luego colocamos el encribado combinando primero con los redondos luego las tablas haciendo presión para esto nos ayudamos con el combo de 6 lb.



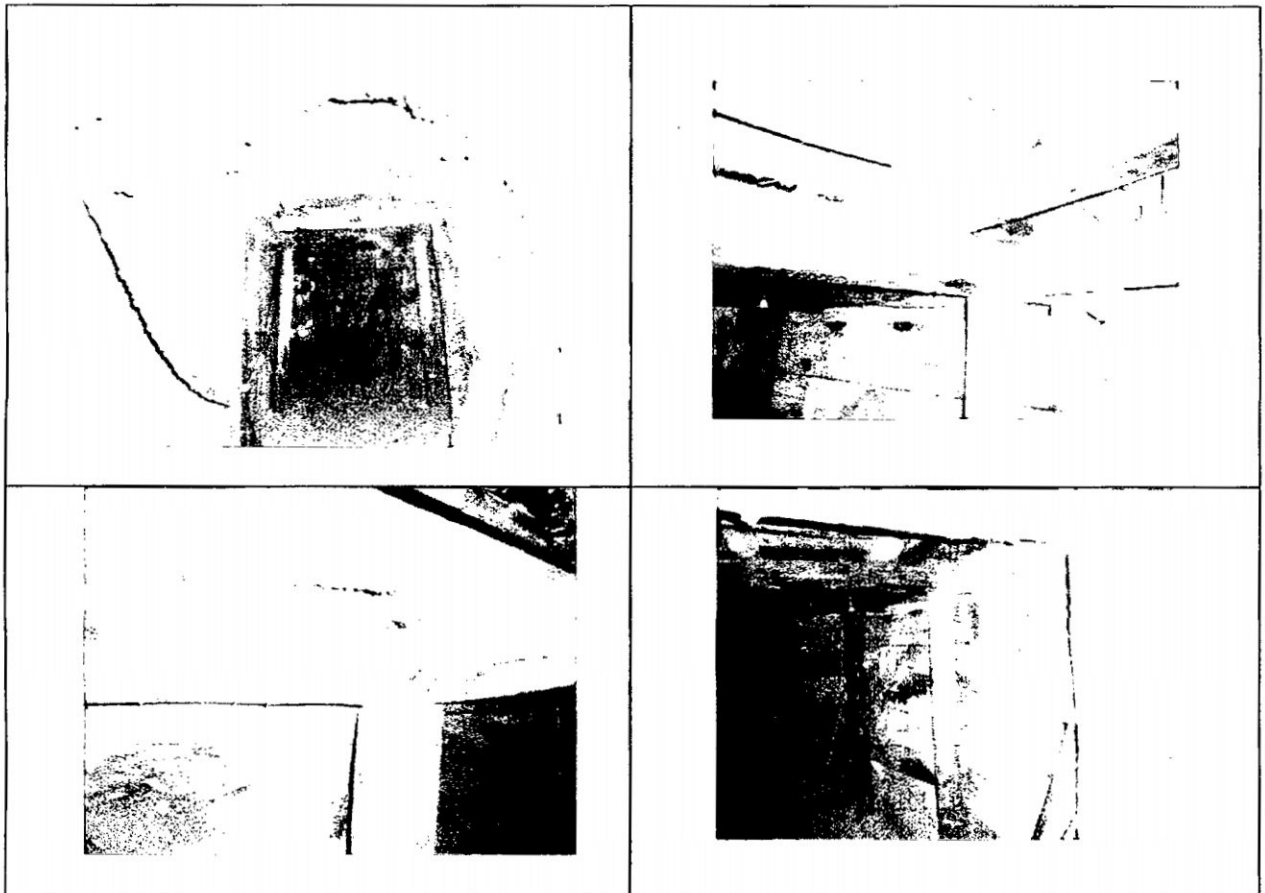
Finalmente utilizamos listón de madera de 3"x3"x1 m los cuales son clavados

en los poste en posición horizontal para evitar cualquier imprevista durante la voladura.



Al finalizar esta etapa de armado del cuadro, se devuelven las herramientas a la bodega.

d).- Proceso de para de cuadros de madera.



e).- Control de tiempo en la colocación del cuadro de madera en el subnivel 032:

Actividad	Tiempo
Limpieza de la labor (hs:mn:seg)	01:10:00
traslado de material (hs:mn:seg)	00:18:00
cortado de material (hs:mn:seg)	00:38:00
traslado del material al subnivel (hs:mn:seg)	00:25:00
armado de cuadros de madera (hs:mn:seg)	00:54:00
orden y limpieza (hs:mn:seg)	00:12:00
Total	03:27:00

4.5.2.3. SOSTENIMIENTO CON CIMBRAS METÁLICAS.

Es un sostenimiento pasivo o soporte utilizado generalmente para sostenimiento permanente de labores de avance, en condiciones de roca intensamente fracturada y/o muy debil (roca tipo III) que le confieren calidad mala a muy mala sometida a condiciones de altos esfuerzos.

La fortificación con arcos de acero ha tenido una aplicación creciente en el campo de la minería la profundización de las labores extractivas y el incremento de los empujes sobre las galerías ha exigido técnicas que soporten grandes esfuerzos.

Se utilizan en labores permanentes donde los empujes presentes en la excavación son fuertes.

Las cimbras son construidas con perfiles de acero según los requerimientos de la forma de la sección de la excavación, es decir en forma de baul, herradura y circulares, siendo recomendable que estas sean de alma llena. Hay dos tipos de cimbras las "Rígidas" y "Deslizantes o fluyentes". Las primeras usan perfiles como: W, H e I, conformadas por dos o tres segmentos que son unidas por platinas y pernos

CUADRO Nº 4.5.2.3									
COSTO UNITARIO CIMBRA METALICA									
Rendimiento : 4 Und/Gdia									
ITEM	DESCRIPCION								
1.00	MANO DE OBRA	Cantidad	Unidad	% Incid.	P.U.(US\$)	Parcial	SubTotal	TOTAL(US\$)	
	Maestro	8	h/h	100%	2.50	20.00	5.00		
	Ayudante	8	h/h	100%	2.00	16.00	4.00		
	Operario	8	h/h	100%	1.80	14.40	3.60	12.60	
2.00	MATERIALES								
	Cimbra metálica H de 4" x 4"	4	Und	100%	180.00	720.00	180.00		
	Espaciadores	8	Und	100%	0.60	4.80	1.20		
	Plancha acanalada de 7' x 7'	24	Und	100%	5.00	120.00	30.00	211.20	
3.00	IMPLEMENTOS Y HERRAMIENTAS								
	Implementos de Seguridad	3	Und	100%	0.23	0.69	0.17		
	Herramientas 5% MO					0.63	0.63	0.80	
4.00	EQUIPOS								
	Scoop de 2.2 yd³	2	h-m	40%	10	20.00	5.00	5.00	
	COSTO DIRECTO							217.00	
	GASTOS GENERALES Y UTILIDAD	25%						54.25	
	COSTO TOTAL	US \$ /Und						271.25	

con tuerca. Las segundas usan perfiles como: V y U, también conformadas por dos o tres segmentos que se deslizan entre sí sujetados y ajustados con uniones de tornillo.

En la Mina Paracoto se usa las cimbras tipo “rígidas de tres segmentos.

DETERMINACION DE LA CARGA DE ROCA:

Se determina la carga que deben soportar las cimbras, para lo cual se utilizó la metodología de Terzaghi:

Presión uniforme vertical sobre el techo: $P_v = H_p \cdot \rho$

Presión uniforme horizontal sobre las paredes: $P_h = 0.3 P_v$

El valor de H_p se obtiene de la tabla de Terzaghi, para nuestro caso y dada la condición en que se encuentra la roca: $H_p = 1.10 (B+H_t)$, con poca presión lateral.

B: ancho de la labor = 3.0 m.

H_t : altura labor = 3.0 m.

ρ : densidad de la roca = 2.6 Ton/m³

$P_v = H_p \times \rho$

$H_p = 1.10 (3+3) = 9.9 \text{ m.}$

$P_v = 9.9 \text{ m.} \times 2.6 \text{ Ton/m}^3$

$P_v = 25.74 \text{ Ton/m}^2$

$P_h = 0.3 \times 25.74 = 7.72 \text{ Ton/m}^2$

Considerando una separación entre cimbras de 1.20 m. el área de influencia resulta

$1.20 \text{ m.} \times 3 \text{ m.} = 3.6 \text{ m}^2$

$P_t = 25.74/3.6 = 7.14 \text{ ton.}$

Las cimbras a utilizarse soportan 20 Ton y por tanto el factor de seguridad resulta =

$20/7.14 = 2.8$ lo cual es aceptable.

COLOCACION DE CIMBRAS:**a).- Personal, EPP, equipos, herramientas y materiales:**

Personal	EPP	Equipos	Herramientas	Materiales
1 Maestro cimbrero. 3 Ayudantes.	Casco. Mameluco. Botas punta de acero. Anteojos. Correa de cuero. Respirador contra polvo y gas. Lámpara. Protector de oídos. Guantes de cuero.	01 Patilladora. 01 Andamio. Maquina de soldar. Maquina de oxicorte.	Barretillas. Combo de 6 lb. Corvina. Pico y pala. Flexometro. Plomada. Cordel. Llave stilson. Sisalla.	Cimbras accesorios. Planchas acanaladas. Bolsacreto. Listones de madera de 8''x2''x 1.2 m. Alambre. Arena.

b).- Preparación del lugar de trabajo.

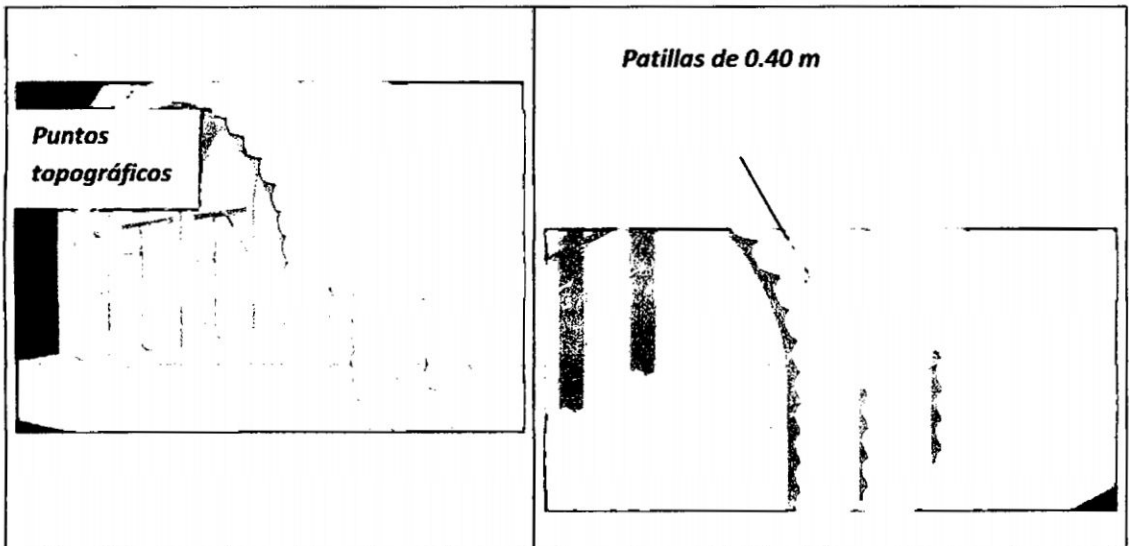
- Realizamos el llenado del IPER y llenamos el sheck list diario.
- Delimitamos el área de trabajo con cinta amarilla.
- Realizamos el regado de la labor y el desatado de roca tratando de perfilar la sección eliminando pechos de los hastiales y techo.
- Realizamos la limpieza de la labor.

c.- Armado de cimbra metálica nivel 1900:

Una vez que el Scoop haya limpiado el frente se procede a realizar el redesatado para evitar complicaciones, realizado este trabajo se procede a realizar las patillas estas deben tener una profundidad de 0.40 m y se debe de controlar la gradiente y la dirección con los puntos de control que coloca topografía en las

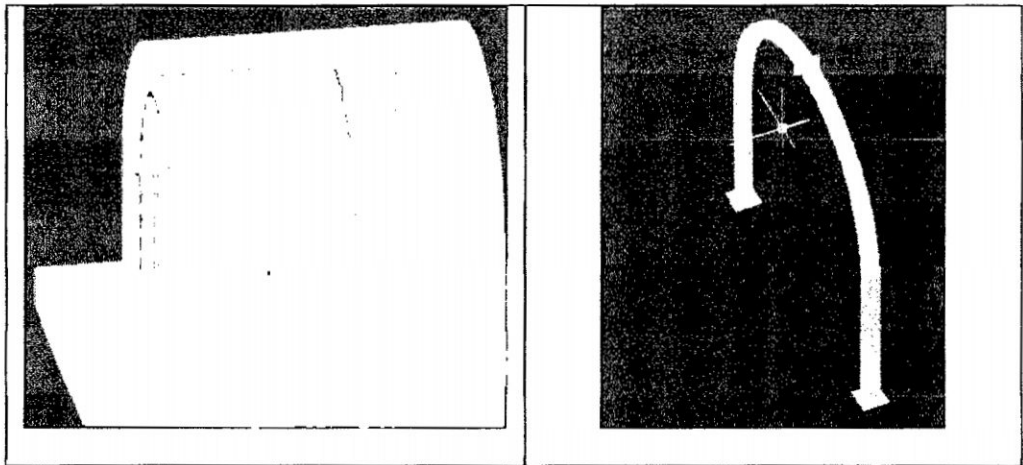
cimbras en forma de un triángulo invertido de color rojo.

La gradiente se controla proyectando un tercer punto a partir de dos puntos topográficos y a partir de este se mide un metro hacia abajo y luego de esto se realiza la patilla a unos 0.40 m.

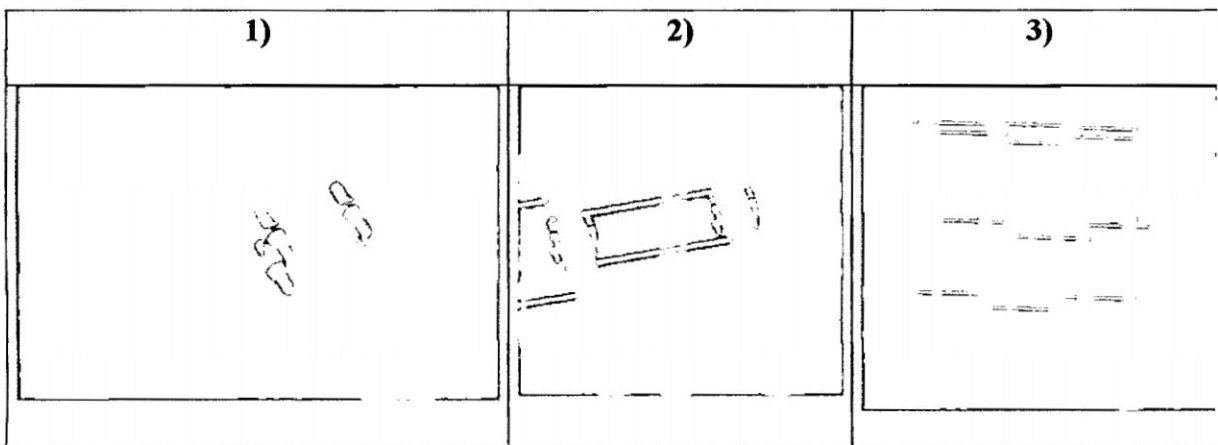


Una vez hecho las patillas se procede a traer las cimbras en este caso se estuvo recuperando cimbras del tajo 327 por lo que se tuvo que traer la cimbra desde este tajo, para este trabajo se necesito la ayuda de 6 personas y recorrer una distancia de aproximadamente 60 m en una rampa positiva.

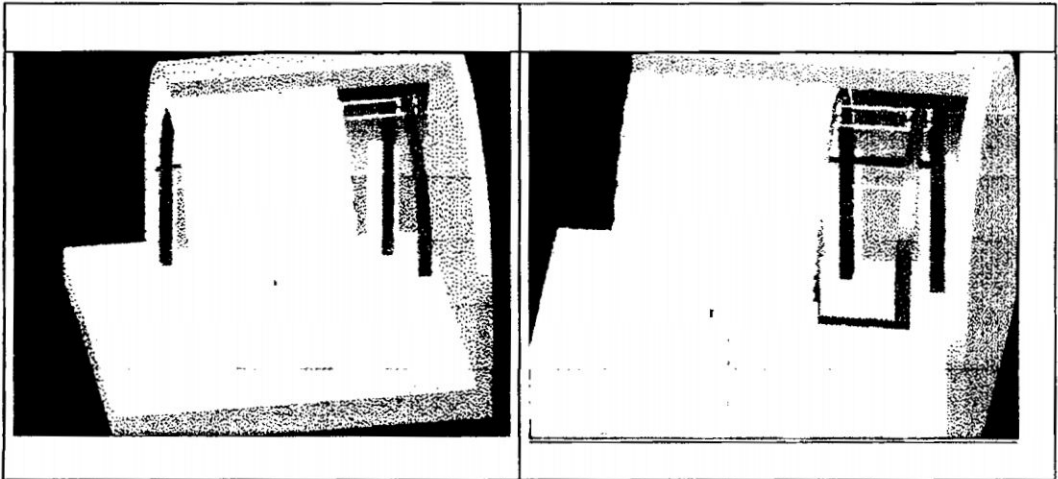
Luego de transportar la cimbra a la labor se procede a levantar la cimbra para esto es necesario utilizar una plataforma en la que el maestro cimbrero se sube y dirige la labor, se levanta la cimbra entre tres personas teniendo sumo cuidado de no introducir material a las patillas por eso este proceso se realiza con cuidado una vez elevado una cimbra se queda una persona sosteniendo la cimbra en posición recta agarrando la cimbra por delante y a un costado para evitar accidentes, luego las otras tres personas van a levantar la otra cimbra se toma las mismas precauciones.



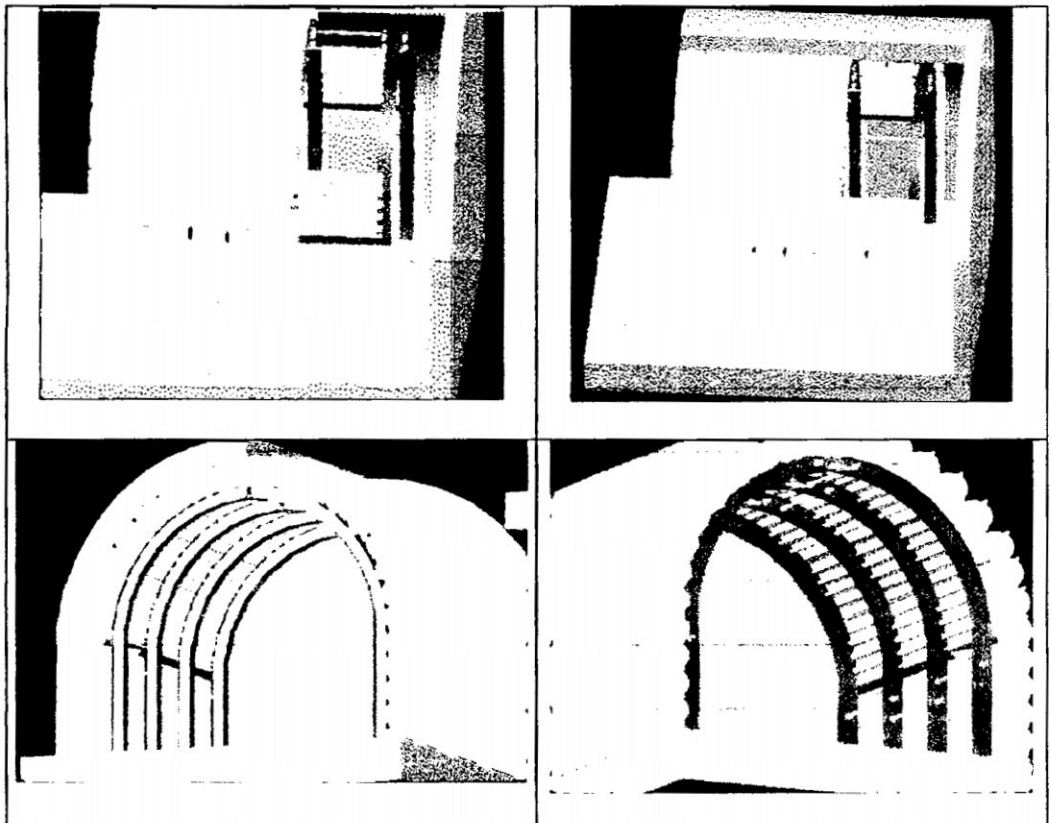
Una vez elevada las dos cimbras el maestro mas un ayudante proceden al armado de la cimbra primero de la parte superior acoplan las dos cimbras luego se colocan los tirantes teniendo en cuenta que la separación entre cimbras es de un metro de eje a eje para poder mover la cimbra de su posición se hace uso de la barretilla para poder realizar los ajustes para el tirante.



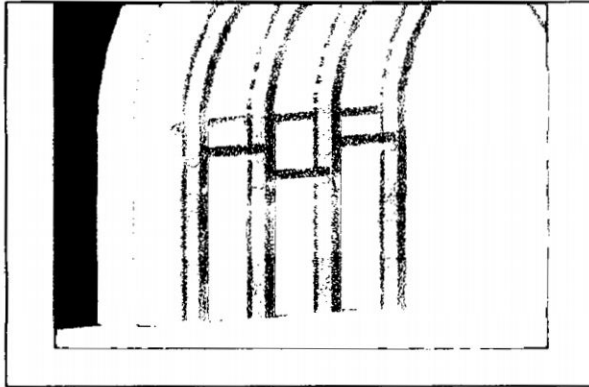
Una vez hecho esto se procede a llenar bolsa con arena *bolsacreto* los cuales se colocan las columnas de las cimbras posteriormente se cortan listones de madera de 1.20 m para colocarlos a los lados de las cimbras estos servirán de apoyo para las planchas acanaladas estos listones se apoyan sobre las bolsacreto y son amarrados con alambre.



Una vez cortado las planchas acanaladas se procede a su colocación las planchas son de 1x0.75 m presentan agujeros en sus cuadro lados por donde se amarran con alambre, primero se coloca uno y luego se amarra esta plancha con una ya colocada luego de esto se procede a colocar los bolsacreto bien confinado luego se repite este proceso se debe tener en cuenta que el avance se realiza por los extremos hasta llegar al techo.



Finalmente se cortan listones de 1m los cuales se colocan amarrados con alambre encima de los tirantes y cuya función es de servir de soporte para la fuerzas de compresión.

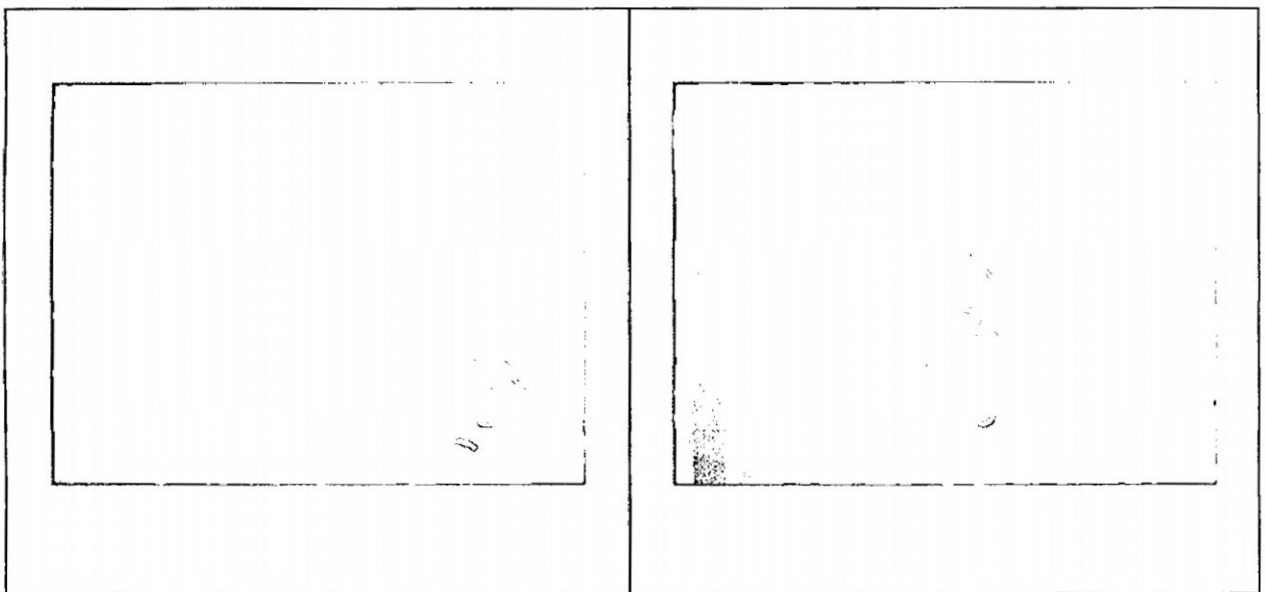


e).- Finalización del trabajo:

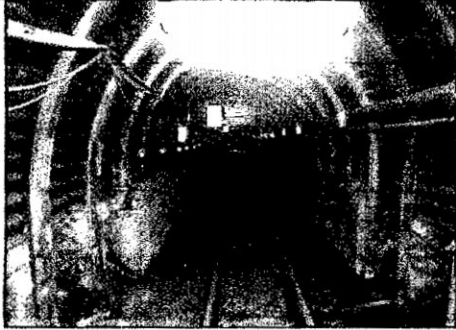

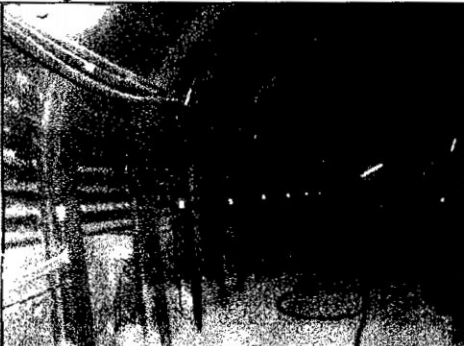

Una vez parado la cimbra se procede a realizar el desarmado de la plataforma y se procede a realizar el orden y limpieza.

Se devuelven las herramientas a la bodega.

f).- Proceso de parado de cimbras:



TIPOS DE CIMBRAS.

<i>Cimbras de 4"x4" reforzadas con una base de un metro de cemento debido a los esfuerzos de compresión</i>	<i>Cimbras de 6"x6" utilizando tablas de madera como material de enrejado</i>
	
<i>Cimbra de 6"x6" usando plancha acanalada como enrejado</i>	<i>Cimbra de 6"x6" usando redondos de madera como enrejado</i>
	

g).- Control de tiempos en la colocación de cimbra en la rampa 1900:

Actividad	Tiempo
Desatado del frente (hs:mn:seg)	00:25:00
Limpieza del frente Scoop (hs:mn:seg)	00:36:00
Redesatado del frente (hs:mn:seg)	00:28:00
Creación de patilla (hs:mn:seg)	00:18:00
Traslado de cimbras (hs:mn:seg)	00:23:00
Parado de cimbras (hs:mn:seg)	00:08:00
Empalme de cimbras (hs:mn:seg)	00:12:00
Colocación de bolsacreto y plancha corugada (hs:mn:seg)	00:48:00
Orden y limpieza (hs:mn:seg)	00:10:00
Total	3:28:00

4.5.2.4. SHOTCRETE.

Es el concreto lanzado neumáticamente a gran velocidad contra una superficie, cuyos materiales componentes son: cemento, agregados, agua, aditivos y elementos de refuerzo, los cuales son aplicados neumáticamente y compactados dinámicamente a alta velocidad sobre una superficie.

FORMAS DE LANZADO DEL SHOTCRETE:

a.- CONCRETO LANZADO POR VÍA SECA: como lo indica su nombre, se mezcla en seco y se añade el agua en la boquilla, se puede incorporar un acelerante en la mezcla.

Ventajas)

- Se facilitan ciertas condiciones de aplicación (filtraciones)
- Permite bajas relaciones A/C
- Maquinaria más económica
- Mayor energía de compactación
- Mayor densidad de mezcla colocada

(Desventajas)

- Mayor generación de polvo.
- Mayor porcentaje de rebote.
- Condiciones de aplicación ambientalmente inconvenientes.
- Exige mayor experiencia en mano de obra.

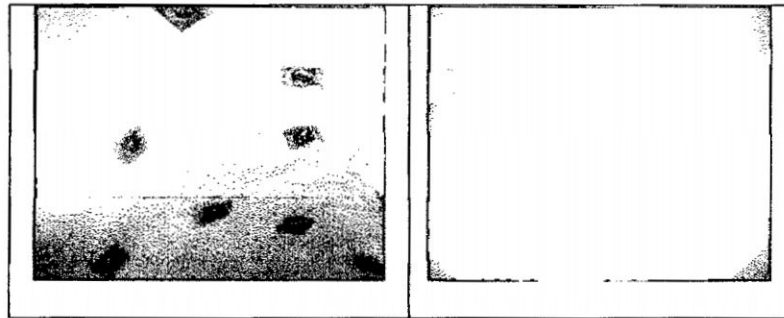
		CUADRO 4.5.2.4						
		COSTO UNITARIO SHOTCRETE						
ITEM	DESCRIPCION	Cantidad	Unidad	% Incid.	P.U.(US\$)	Parcial	SubTotal	TOTAL(US\$)
Rendimiento : 112 m ² /Gdia (6 m ³ /Gdia)								
1.00	MANO DE OBRA							
	Lanzador	8	h/h	100%	2.81	22.48	0.20	
	Ayudante lanzador	8	h/h	100%	2.00	16.00	0.14	
	Lamperos - abastecedores	16	h/h	100%	2.00	32.00	0.29	
	Peon de servicios	8	h/h	100%	16.00	0.14		
	Mecánico - electricista	8	h/h	100%	3.10	24.80	0.22	
	Ing. Guardia	8	h/h	40%	5.94	19.01	0.17	
	Capataz	8	h/h	100%	3.44	27.52	0.25	
	Bodeguero	8	h/h	100%	2.13	17.04	0.15	1.56
2.00	MATERIALES							
	Arena graduada	4.5	p ³	100%	10.00	45.00	0.40	
	Cemento Portland tipo I	54	Bls	100%	8.00	432.00	3.86	
	Fibra de acero	180	Kg	100%	0.95	171.00	1.53	
	Acelerante 5%	115	Kg	100%	0.80	92.00	0.82	
	Agua	178	Lts.	100%	0.50	89.00	0.79	
	Calibradores 4"	114	Und	100%	0.05	5.70	0.05	
	Consumibles eléctricos	1	Global	100%	10.80	10.80	0.10	7.55
3.00	IMPLEMENTOS Y HERRAMIENTAS							
	Implementos de Seguridad Normal	9	Und	100%	0.10	0.9	0.90	
	Implementos de Seguridad Agua	2	Und	100%	0.23	0.46	0.46	
	Herramientas 5%		%mo	100%	8.74	8.74	0.08	1.44
4.00	EQUIPOS							
	Mezcladora de 11 yd ³	8	h-m	100%	20	160	1.43	
	Dumper	8	h-m	100%	30	240	2.14	
	Equipo Aliva	8	h-m	100%	8	64	0.57	
	Compresora de 650 CFM	8	h-m	100%	35	280	2.50	6.64
	COSTO DIRECTO							17.19
	GASTOS GENERALES Y UTILIDAD	25%						4.30
	COSTO TOTAL	US \$ /m ²						21.49

b.- CONCRETO LANZADO POR VÍA HÚMEDA: se mezcla como un concreto de revestimiento bajo y es bombeado a la boquilla, el acelerante es aplicado en la boquilla.

MATERIALES COMPONENTES DEL SHOTCRETE:

a).- CEMENTO:

- TIPO I Uso General
- TIPOII Moderado CH y ataque químico
- TIPOIII Altas Resistencias iniciales



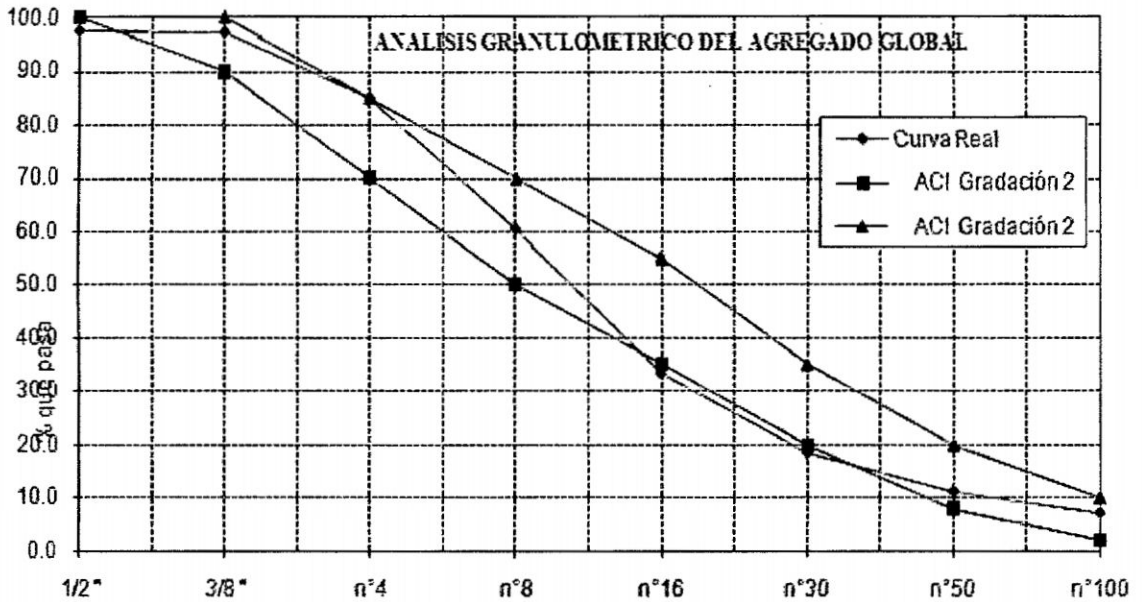
- TIPO IV Bajo calor de hidratación
- TIPO V Altas resistencias a sulfatos
- TIPO 1P Adición de puzolana entre el 15 y 45 %
- TIPO1PM Adiciones de puzolana menor al 15 %

El tipo de cemento usado en el shotcrete es el tipo I.

b.- ARENA:

La arena usada en la preparación del mortero de cemento es una arena gruesa que debe estar libre de materiales extraños y cuando se va aplicar el shotcrete por vía seca la humedad debe estar comprendido entre 2 a 4%.

El mejor comportamiento de resistencia y menor rebote. En el concreto lanzado, es obtenido si las arena se ajustan a las graduación establecidas.



c.- AGUA:

Se considera apta para la elaboración de concreto toda agua sin color apreciable, ni olor desagradable y que no contenga sustancias extrañas.

d.- FIBRAS:

Actualmente se viene utilizando fibras en el shotcrete por las ventajas siguientes:

- Mejoran sus propiedades mecánicas del concreto, haciendo que disminuya su fragilidad, en combinación con pernos de anclaje aumenta su capacidad portante.
- Aumenta la ductilidad del concreto después de su fisuración.
- Aumenta la resistencia a la rotura y la capacidad de absorción de energía.
- Aumenta la resistencia a la tracción.

- Aumenta la resistencia a la aparición y propagación de grietas por contracción.
- Aumenta la resistencia al impacto y a la cizalladura.
- Mejora el comportamiento a la flexotracción.
- Aumenta la durabilidad del concreto.

Fibras de acero para el refuerzo del concreto



CLASES DE FIBRAS

Fibras sintéticas (fibras de polipropileno): Las fibras de plástico tiene propiedades mecánicas similares a las del concreto y no mejoran las propiedades ni imparten viscosidad al concreto; por eso no sirven para aplicaciones de soporte de roca.

Fibras Metálicas: Las fibras metálicas tienen ventajas obvias sobre la malla electrosoldada.

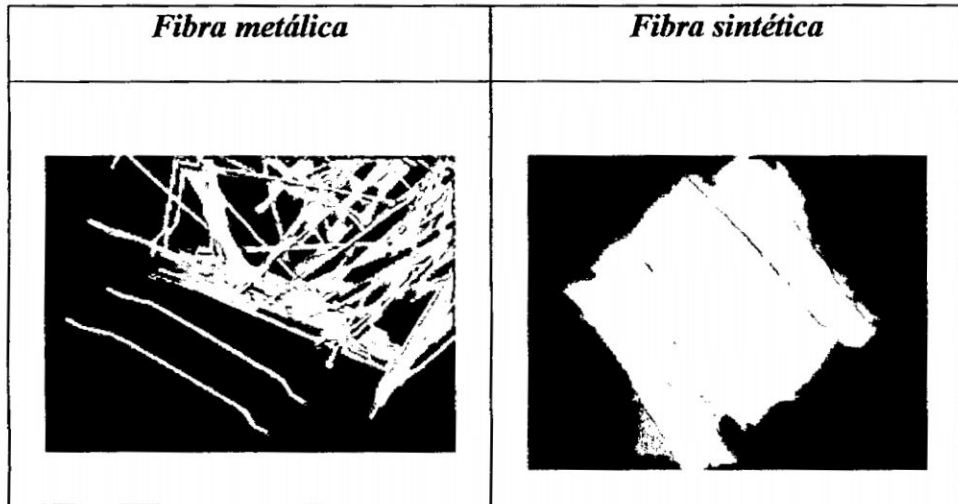
Fibras de Refuerzo:

Debe cumplir con los requisitos de La norma ASTM A 820 – Tipo I, ya que este Tipo de Fibra es la única diseñada para reemplazar la malla eléctrosoldada.

Debe poseer anclajes mecánicos en los extremos.

El Acero con la cual se elabora la fibra debe tener bajo contenido de Carbono.

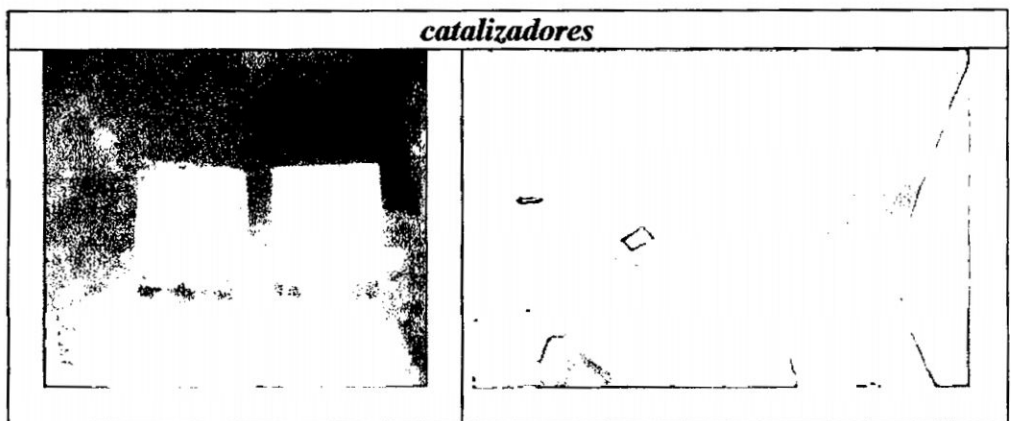
La relación Longitud /Diámetro debe ser igual ó mayor de 45.



e.- ADITIVO DE ACELERANTE DE FRAGUA

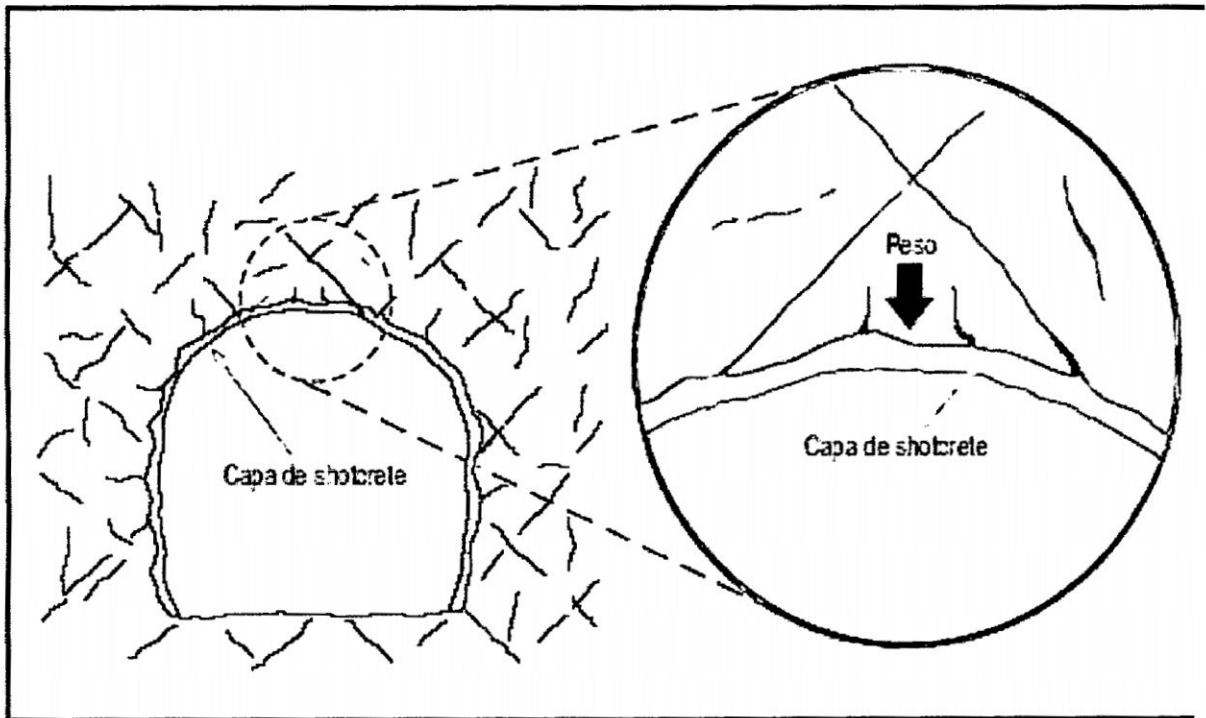
En el mercado mundial existen tres bases químicas para los aditivos Acelerantes de Fragua y son los siguientes:

- Aluminato: Son peligrosos si llegan al contacto con la piel u otra parte de cuerpo, su utilización en las zonas mineras es porque su fragua inicial es más rápido pero llegando a los 14 días o 21 días su resistencia baja a un 40 a 50%
- Silicato de Sodio: No es muy peligroso su fragua inicial es rápido también y su resistencia baja entre 20 a 25%



PRINCIPIOS DE ACCION DEL SHOTCRETE

- La acción conjunta del shotcrete y la roca, impide que éstos se deformen dependientemente.
- La interacción induce la formación de un esfuerzo radial de confinamiento, que controla las deformaciones y que aplicado sobre la periferia de la excavación, ayuda a la formación de un arco de sustentación.
- El shotcrete mantiene el entrabe de las posibles cuñas o bloques rocosos, sellando las discontinuidades o grietas producidas por la voladura.
- Evita la alteración de minerales inestables presentes en el macizo rocoso excavado, por efecto del intemperismo.



CUALIDADES QUE DEBE TENER EL SHOTCRETE:

- Aherencia.
- Espesor.

- Ductilidad.
- Resistencia a edades tempranas.
- Resistencia a la compresión.
- Resistencia a la tracción.

PROPORCION DE LA MEZCLA.

Resumen de Proporciones de MEZCLA SISTEMA VIA SECA

MATERIALES	PREPARACION MEZCLA
	Mezcla 01 m ³
Cemento	09 bolsas
Arena	225 lampadas
Fibra de acero (Wirand FS3N)	30 Kilogramos
Agua	45 Galones
Aditivo Acelerante (5%)	4 Galones
Nota: Espesor de capa de Shotcrete en tipo de Roca III B es 2" y Tipo de Roca IV es de 3".	

El espesor del shotcrete requerido se determina según la siguiente fórmula y de acuerdo a la calidad de la roca o superficie donde se aplicara.

$$e = \frac{8 \cdot B}{150} (53 - \frac{3}{4} RMR)$$

$$150 \quad 4$$

Donde: e = espesor del shotcrete en cm.

B = ancho de la labro, m.

Para el caso de una roca de un RMR = 40

$$e = \frac{8 \times 3}{150} (53 - \frac{3 \times 40}{4}) = 3.68 \text{ cm.} = 1.5'' \Rightarrow 2''$$

$$150 \quad 4$$

Para determinar la presión máxima de soporte:

$$P = \frac{1}{2} Gc (1 - \frac{R - e}{R})^2$$

$$2 \quad R^2$$

Donde: G_c = resistencia a la compresión del shotcrete, MPa

P = presión máxima de soporte, ton/m²

R = radio de la labor, m.

Para nuestro caso: $e = 3.68 \text{ cm} = 0.0368 \text{ m}$.

$$G_c = 210 \text{ Kg/cm}^2 = 20.6 \text{ MPa}$$

$$R = 3 \text{ m.} \times 0.5 = 1.5 \text{ m.}$$

$$P = \frac{1}{2} \times 20.6 \left(1 - \frac{(1.5 - 0.0368)^2}{1.5^2} \right) = 10.3 \times 0.3497 = 3.60 \text{ MPa}$$

$$P = 36.72 \text{ Kg/cm}^2 = 376.20 \text{ Ton /m}^2$$

REBOTE TIPICO (Código ACI 506R)

SUPERFICIE	VIA SECA	VIA HUMEDA
PISOS	5 % a 15 %	0% a 5 %
HASTIALES	15 % a 25 %	5 % a 10 %
TECHO	25 % a 50 %	10 % a 20 %

FACTORES QUE AFECTAN EL REBOTE:

- Granulometría.
- Fraguado inicial
- Relación agua/cemento.
- Lanzador
- Angulo y distancia de boquilla
- Presión de aire y de agua
- Tipo de superficie

ANALISIS DE REBOTE

- Tendemos un manto o toldo, cubriendo el area (piso) de aplicación

- Lanzamos un volumen conocido de shotcrete
- Recogemos y cubizamos el concreto caído al manto.
- Determinamos por diferencia de volúmenes el rebote

ESPESOR DE LA APLICACION

- Lavado de la superficie para quitar el polvo, puede ser con agua o aire comprimido.
- Colocación de calibradores (1Unid/m² o espaciados cada mt) para el control del espesor
- Preparar la superficie de aplicación con un buen desatado, de ser posible perfilando la superficie.

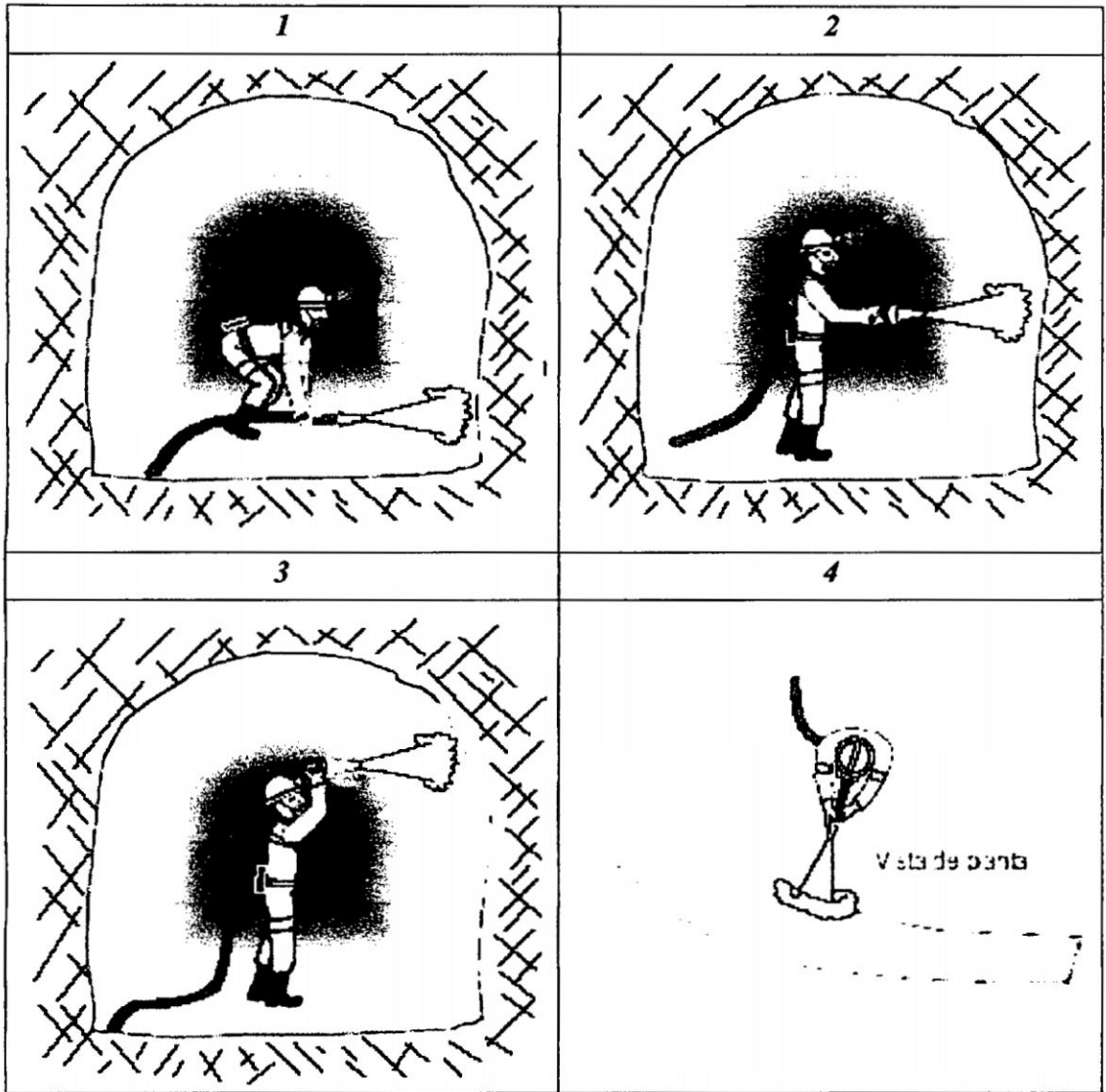
CURADO

Al igual que el concreto, el shotcrete también debe ser curado de tal manera que su resistencia potencial y su durabilidad sean completamente desarrolladas.

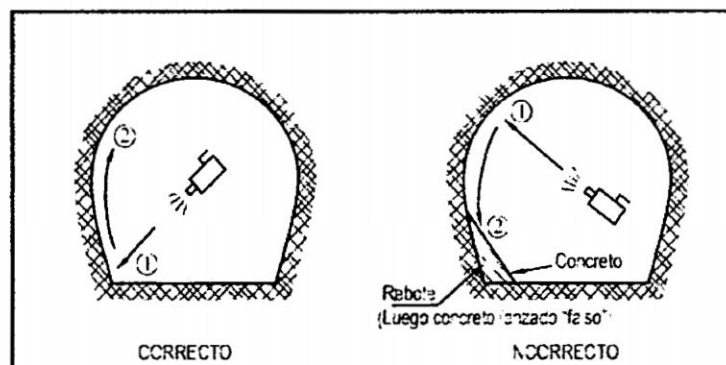
El mejor método de curado es mantener húmedo el shotcrete continuamente por 7 días, utilizando para tal fin el agua. El curado natural puede ser considerado siempre y cuando la humedad relativa del lugar sea mayor de 85%.

APLICACIÓN DEL SHOTCRETE:

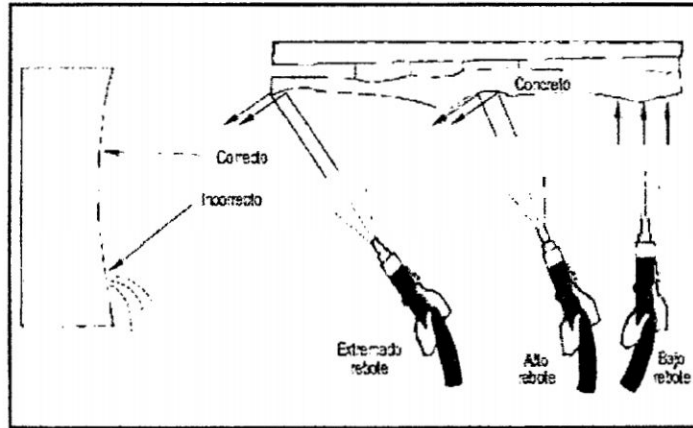
- Las posición de trabajo recomendables es mantener la distancia de lanzado de 1.0 a 1.2 m.
- Un operador bien entrenado puede producir manualmente shotcrete de excelente calidad, cuando el área de trabajo está bien iluminado y ventilado.



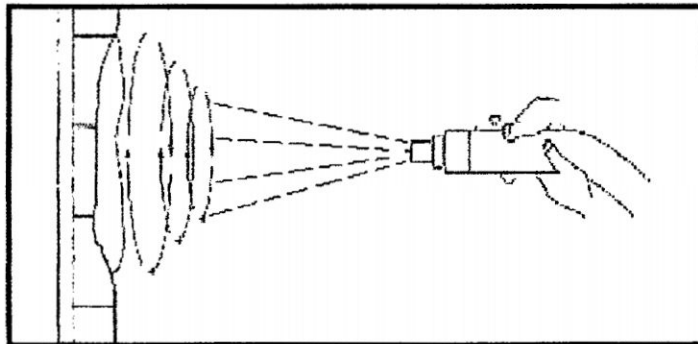
- Cuando se instala shotcrete en paredes, la aplicación debe iniciarse en la base. La primera capa de shotcrete debe cubrir en lo posible completamente los elementos de refuerzo. Aplicando el shotcrete desde la parte inferior, aseguramos que el rebote no se adhiera sobre la superficie rocosa. Este procedimiento evita que posteriormente se presente el fenómeno del shotcrete “falso”.



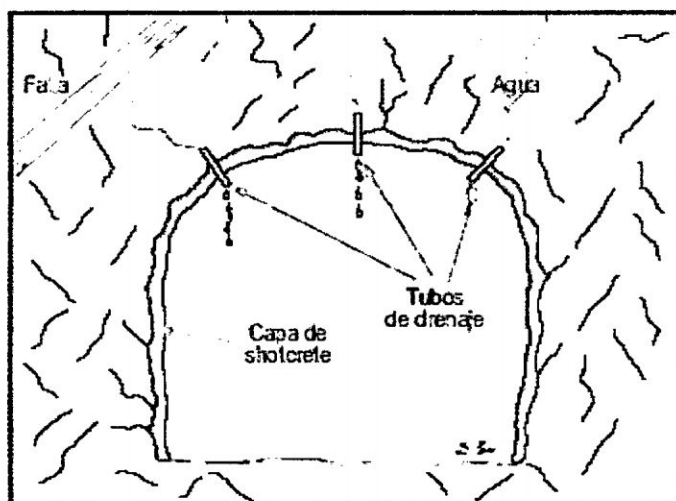
- Respecto al ángulo de lanzado, como regla general, la boquilla debe ser dirigida perpendicularmente a la superficie rocosa. El ángulo de lanzado no debe ser menor de 45°.



- Mientras se coloca el concreto en obra, es importante que se le aplique a la boquilla un movimiento circular, para asegurar una distribución homogénea de la mezcla



- Cuando el shotcrete es aplicado a la masa rocosa con juntas bien definidas y portantes de agua, es importante proveerla de drenaje a través de la capa de shotcrete, a fin de liberar las altas presiones de agua. Taladros de drenaje, fijados con tubos plásticos.



PROCESO DE APLICACIÓN DEL SHOTCRETE.

a).- Personal, EPP, equipos, herramientas y materiales:

personal	EPP	Equipos	Herramientas	Materiales
1 Maestro shotcretero. 1 ayudante. 2 lamperos. 1 operador.	Casco. Mameluco. Botas punta de acero. Anteojos. Correa de cuero. Respirador contra polvo y gas. Lámpara. Protector de oídos. Guantes de cuero. Respirador full face.	01 maquina shotcretera. 01 maquina dosificadora. Lava ojos.	Barretillas. Lampas y pico. Juego de llaves Stilson 18" y 24". Juego de llaves Crescent 8" y 10". Combo de 6 lb. Cizalla. Escalera.	Arena zarandeada. Cemento. Fibra de acero. Agua. Catalizador. Calibradores. Agua limpia (lava ojos).

b).- Preparación del lugar de trabajo.

- Realizamos el llenado del IPER, llenamos el sheck list diario y PETAR.
- Delimitamos el área de trabajo con cinta amarilla.
- Realizamos el regado de la labor y el desatado de roca tratando de perfilar la

sección eliminando pechos de los hastiales y techo.

- Realizamos la limpieza de la labor.

c.- Shotcrete lanzado nivel 660 frente 249

Una vez que el Scoop allá limpiado el frente se procede a instalar el equipo shotcretero, empalmando las mangueras con los accesorios y verificar que estén en buen estado, una vez hecho este proceso se prueba el funcionamiento del equipo varias veces para ver su estado eléctrico y mecánico.

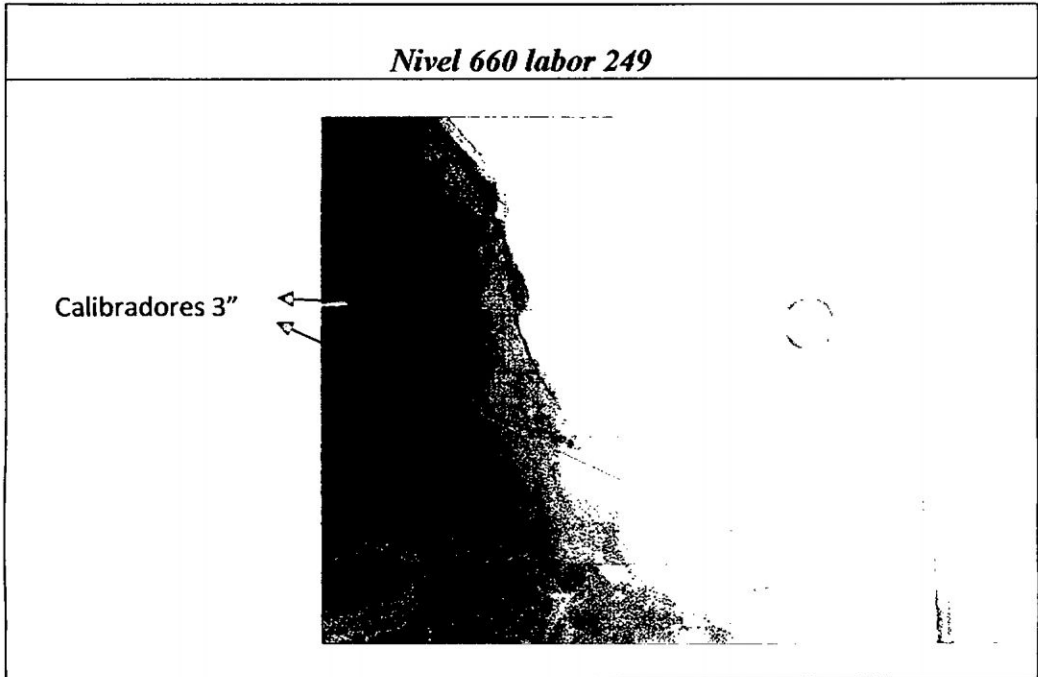
Preparamos la mezcla seca combinando la arena, cemento y fibra en proporciones establecidas por el maestro shotcretero la mezcla tiene que ser uniforme y se debe de tratar que toda la arena se mezcle con el cemento lo mismo con la fibra para que se tenga un shotcrete uniforme.

Conectamos la manguera de lanzado y limpiamos de impurezas luego conectamos la manguera de agua con su respectiva válvula para controlar la humedad encendemos el motor de la maquina lanzadora y echamos la mezcla seca y dosificando la humedad de acuerdo a la recomendación.

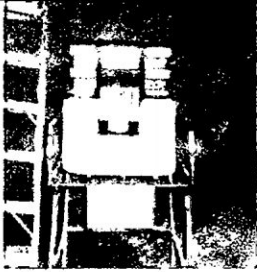



El disparo de la mezcla se realiza desde la parte inferior a la parte superior separado a una distancia de 1.0 m a 1.50 m y en forma perpendicular a la superficie disparada y en forma circular, se usa calibradores para controlar el espesor de shotcrete lanzado en este caso de 3".

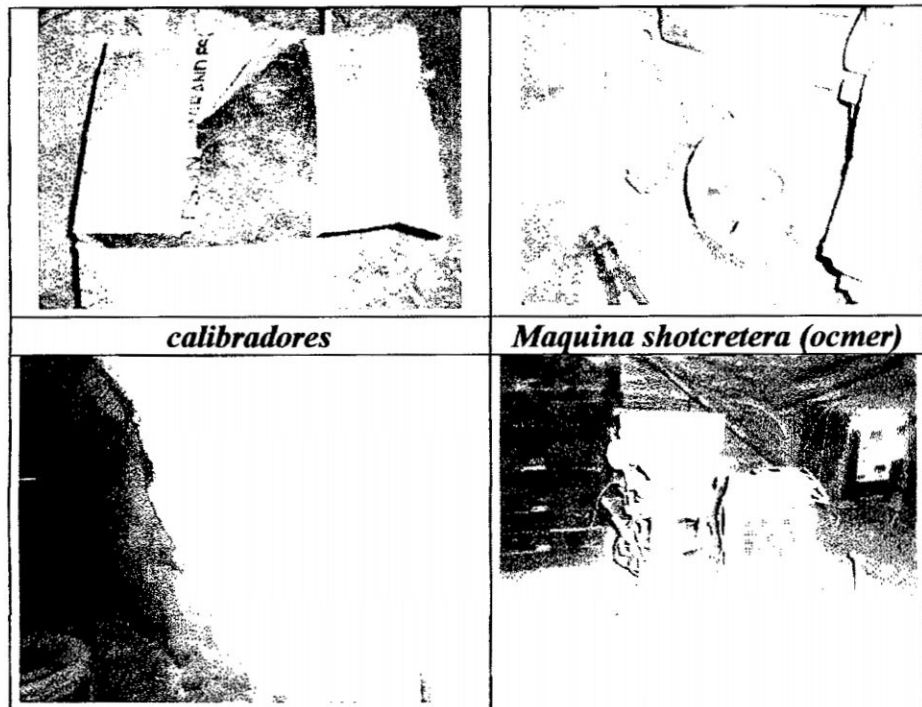
Luego de terminar el trabajo se realiza la limpieza del equipo sopleteando el equipo y limpiando con escobilla las partes más inaccesibles del equipo.

Cubrimos el equipo con un plástico para protegerlo del agua acida, realizamos orden y limpieza y se devuelve las herramientas a la bodega.



d.- Materiales equipos y accesorios utilizados en el lanzador de shotcrete

<i>Lava ojos</i>	<i>Manguera (boa)</i>
	
<i>Dosificador de agua</i>	
	
<i>Fibra de acero (20 kg / caja)</i>	



Materiales usados shotcrete nivel 660 labor 249:

MATERIALES	PREPARACION MEZCLA
	Mezcla 04 m ³
Cemento	36 bolsas
Arena	900 lampadas
Fibra de acero (20 kg/caja)	120 Kilogramos
Agua	180 Galones
Aditivo Acelerante (apral)	12 Galones
<i>Tipo de Roca IV 3" de espesor.</i>	

4.6. EVALUACION DE LOS SISTEMAS DE SOSTENIMIENTO EN LA VETA PARACOTA.

Los sistemas de sostenimiento aplicados en la veta Paracota, cada uno cumple su función estructural en lo que respecta al sostenimiento, lo cual se resumen en lo siguiente:

- Los cuadros de madera son utilizados en galerías y subniveles, donde la

sección de la labor es reducida y la roca es de tipo IV y V.

- Los pernos de roca tipo splits set (de fricción) se utiliza en roca de tipo III, tanto en galerías, rampas y tajeos y donde la sección es grande.
- Las cimbras metálicas se utiliza en roca tipo IV y V y en labores superiores a 3 m. de ancho.
- En cuanto a costos de sostenimiento donde se incluye material, colocación y equipo resulta.
- Los pernos split set, malla metálica y shotcrete se utiliza cuando se tiene roca fragmentado con tendencia a caer y en labores anchas como las rampas.

CONCLUSIONES:

1. El yacimiento aurífero de Paracota, se encuentra emplazada sobre rocas volcánicas denominadas Tobas Paracota de composición dacítica.
2. El depósito es de origen hidrotermal, hipógeno, donde las soluciones mineralizantes han rellenado fracturas preexistentes con oro, cobre y plata, formando la veta Paracota.
3. Las minerales cubicadas al 31 de diciembre del 2010, entre probado – probables ascienden a 254,700 TM, con una ley promedio de 12.92 gr/TM de Au.
4. El método de explotación aplicado en la explotación del mineral es el Corte y relleno ascendente semimecanizado, donde se usa relleno detrítico y en la limpieza scoops de 2.2 yd³.
5. Debido a que las cajas son incompetentes y el mineral de baja consistencia, la

perforación se realiza en forma horizontal llamado “Breasting”, con el cual se logra dar estabilidad al techo del tajeo.

6. Conforme a la evaluación geomecánica, en la mina se tiene rocas de tipo III (regular), IV (mala) y V (Muy mala).
7. Debido a los tipos de roca señalados es necesario aplicar varios sistemas de sostenimiento tanto como refuerzo y soporte.
8. Como sistema de refuerzo se utiliza pernos splits set, en el sostenimiento de roca tipo III, del techo y paredes de las galerías, rampas y tajeos.
9. En el sostenimiento de rocas tipo IV y V, donde la sección de la labor es reducida como galerías y subniveles, se utiliza el sistema de soporte, consistente de cuadros de madera, tanto recto como cónico.
10. En el sostenimiento de rocas tipo IV y V donde las secciones son amplias, como las rampas y galerías, donde circulan equipos como el scoop, se utiliza las cimbras metálicas.
11. En las rocas tipo III, donde se presentan fracturados, se utiliza las mallas electrosoldas, pernos y shotcrete, con buenos resultados.
12. Los sistemas de sostenimiento son costosos, siendo los de mayor costo las cimbras y cuadros de madera.
13. La inestabilidad de las labores, afecta la secuencia de minado, siendo más crítica en temporadas de lluvia, donde el incremento de aguas subterráneas desestabiliza las labores.

RECOMENDACIONES:

1. Para una reducción del uso de un determinado sistema de sostenimiento, se debe realizar una evaluación geomecánica integral y reelabore tablas geomecánicas basadas en el sistema GSI y que sean usadas por los supervisores.
2. De acuerdo a la evaluación geomecánica se deberá rediseñar las aberturas subterráneas, determinando el tiempo de autosoporte, que es muy importante en el ciclo de explotación del tajeo.

BIBLIOGRAFIA.

1. CATRIN EDELBORO, Resistencia de la masa rocosa. Depto. de Ingeniería Civil – División de mecánica de rocas. Universidad de Tecnológica de Lulea., año 2003.
2. CEMAL BIRON ERGIN ARIOGLU. Diseño de ademes en minas. Primera Edición. Editorial Limusa. México 1977
3. DE LA SOTA PEREZ G. Diseño Geomecánico de los sistemas de refuerzo en roca. Lima 1999.
4. HOEK.E. BROWN E.T Excavaciones subterráneas en roca. Edit. Mc Graw Hill Nueva York 1980
5. MARTIN C.D. Esfuerzo, inestabilidad y diseño de excavaciones subterráneas. Journal de Mecánica de Rocas. Vol.29 Nueva York 2003.
6. OBER L. Y DUBALL W. Mecánica de rocas en el diseño de estructuras en roca. Segunda Edición. Edit. John Wiley Sons Inc. Nueva York 1990.