

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINERA Y  
METALURGICA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS**



**SOSTENIMIENTO CON SHOTCRETE ROBOTIZADO  
EN LA MINA CARAHUACRA**

**INFORME DE COMPETENCIA**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO DE MINAS**

**PRESENTADO POR:  
HERNAN SANTIAGO RIOS VILLANUEVA**

**Lima - Perú**

**2012**

## **DEDICATORIA**

A mi Madre que desde el cielo me sigue dando fuerzas para Seguir adelante, a mi Padre y Hermanos que con su apoyo Incondicional hicieron que se haga realidad mi vida profesional.

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero empezar agradeciendo a Dios por permitirme llegar hasta aquí y haberme acompañado en todo momento.

Mi Agradecimiento a todas las personas que me dieron la oportunidad de apoyarme moral y espiritualmente en mi formación profesional.

Así mismo a todos los Catedráticos de la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional de Ingeniería del Perú, que contribuyeron con su enseñanza teórica, técnica y con sus amplias experiencias ganadas a lo largo de sus vidas como Profesionales en el campo de la Minería.

De la misma manera a todos los trabajadores de las diferentes Empresas que con sus experiencias practicas contribuyeron con un grano de arena en mi formación profesional.

## INDICE

AGRADECIMIENTO	
INTRODUCCION	1
Antecedentes y Justificación	3
Planteamiento del problema	4
Objetivos	5
Hipótesis	5
Metodología del trabajo	5
<b>CAPITULO I:</b>	
<b>I.- ASPECTOS GENERALES</b>	6
I.1. - Ubicación	6
I.2.- Accesibilidad	6
I.3.- Topografía	6
I.4.- Condiciones Climáticas	7

## CAPITULO II:

**II.- GEOLOGIA**

II. 1. - Geología Regional	8
II.2.- Estratigrafía	9
II.2.1. – Grupo Excelsior	9
II.2.2. – Grupo Mitu	9
II.2.3. – Grupo Pucara	10
II.2.4. – Grupo Goyllarisquisga	10
II.2.5. – Plutonismo	10
II.2.6. – Intrusivos Carahuacra	11
II.3 Geología Estructural	11
II.4 Fracturamiento	12
II.5 Geología Económica	12
II.5.1 Alteración	12
II.5.2 Mantos	13
II.5.3 Cuerpos	13
II.5.4 Vetas	13
II.6 Mineralogía	14
II. 7 Reservas	14

### **CAPITULO III:**

#### **SOSOSTENIMIENTO EN MINAS SUBTERRANEAS**

<b>III.1.- CLASES DE SOSTENIMIENTO</b>	15
III.1.1 Sostenimiento Activo (refuerzo)	15
III.1.2-Sostenimiento Pasivo (soporte)	16
III.2. índices geomecánicos	16
III.2.1- Condiciones a tomar en cuenta	16

### **CAPITULO IV:**

<b>IV.- SHOTCRETE</b>	17
IV.1. Shotcrete	17
IV.2 Tipos de shotcrete	25
IV.2.1 Shotcrete vía seca	25
IV.2.2 Secuencia de lanzado de shotcrete vía seca	25
IV.2.3 Ventajas y desventajas de la vía seca	26
IV.3 Shotcrete vía húmeda	27
IV.3.1 Fases de shotcrete vía húmeda	27
IV.3.2 Ventajas y desventajas vía húmeda	28
IV.4- Factores influyentes en la resistencia	29
IV.5- Tipo de autoaporte	29

**CAPITULO V:**

V.1.- Explotación anterior por corte y relleno ascendente con cuadros y shotcrete con alivas	30
V.2.- Explotación actual slots, corte y relleno ascendente	32
V.3.- Dimensionamientos	32
V.3.1.- Preparaciones para la explotación	32
V.4.- Sostenimiento	34

**CAPITULO VI:**

<b>SOSTENIMIENTO CON SHOTCRETE ROBOTIZADO EN MINA CARAHUACRA</b>	<b>36</b>
VI.1.- Equipos Robotizados	36
VI.2.- Producción	37
VI.3.- Seguridad	37
VI.4.- Calculo de espesor de shotcrete en galería	39
VI.4.1-Geometría de la galería	39
VI.4.2-Materiales	39
VI.4.3-Cargas consideradas	40
a.-Método de cálculo	41
b.- Diseño de shotcrete	41
c.- Diseño de los pernos de anclaje	42

**CAPITULO VII:**

VII.1.- Análisis de costos vía seca y vía húmeda	44
VII.2.- Análisis de costos comparativos	47
VII.2.1.- Costo anterior, utilizando shotcrete con Alivas	48

VII.2.2.- Costo actual, utilizando shotcrete con robot Alpha	49
VII.2.3.- Beneficios y costos Robot Alpha 20	49
VII.2.4.- Beneficios y costo Aliva	50
VII.2.5.- Calculo del VPN, TIR y B/C	51
Conclusiones	53
Recomendaciones	55
Referencia bibliográfica	57
ANEXOS	58



## INTRODUCCION

Sostenimiento, según el tipo de roca, estamos empleando el sistema GSI modificado, generalmente en las labores se tiene los siguientes tipos: intensamente fracturado regular (IF/R), muy fracturado pobre (MF/P), muy fracturado muy pobre (MF/MP), Intensamente Fracturado Pobre (IF/P) y el intensamente fracturado muy pobre (IF/MP), cuyo Tiempo de Autosoporte es de días hasta horas, así como longitud máxima de avance sin soporte de 10m. Hasta 3m. Haciendo imprescindible la utilización de sistemas automatizados y robotizados para mejorar la eficiencia de los equipos mecanizados. En sostenimiento se tiene un robot Alpha 20 para el lanzamiento de shotcrete con espesor de 2 pulg. o 3 pulg. y un Robolt para instalar pernos helicoidales de 7 pies, split set de 7 pies y si es necesario split set y malla electro soldada. Para completar la estabilidad del área se rellena con

relleno hidráulico o desmonte provenientes de las labores de desarrollos y preparaciones.

El empleo del robot en el sostenimiento con shotcrete permite eliminar el peligro de caída de rocas, lanzando el concreto a control remoto y a la vez logrando una mayor rapidez de sostenimiento, lanzando hasta 20 m<sup>3</sup> por hora. Para el empernado mecanizado se tiene el Robolt, que instala 20 a 25 pernos/ hora, lo que permite tener varios frentes o breasting listos para la perforación con Jumbos elevando la utilización y por lo tanto la Producción.

En Carahuacra, el equipo robot es el modelo Alpha 20, marca Semmco, el empernador mecanizado es el Robolt 5 marca Sandvik ambos propiedad de la E.E. Semiglo.

También es necesario mencionar que la mezcla de concreto a lanzar, tenga provisto de una Planta Mecanizada para abastecer los requerimientos del shotcreteado, considerando tanques de almacenamiento de cemento, agregados, fibras, aditivos, agua, acelerantes y áreas para movimientos de equipo y lavado.

La comunicación es clave para el movimiento de equipos y evitar tiempo muertos de tal manera que la utilización de los equipos se maximice.

Los servicios de aire comprimido (6 bares) para el robot shotcretero, agua (4 bares) y energía eléctrica (440 voltios) para el empernador son importantes para maximizar la eficiencia.

### **Antecedentes y justificación:**

El shotcrete (mortero, o «gunita») comenzó a utilizarse hace más de cien años.

Los primeros trabajos con shotcrete fueron realizados en los Estados Unidos por la compañía Cement-Gun (Allentown, Pensilvania) en 1907. Un empleado de la empresa, Carl Ethan Akeley, necesitaba una máquina que le permitiera proyectar material sobre mallas para construir modelos de dinosaurios, e inventó el primer dispositivo creado para proyectar materiales secos para construcciones nuevas.

Cement-Gun patentó el nombre «Gunita» para su mortero proyectado, un mortero que contenía agregados finos y un alto porcentaje de cemento.

Hoy en día todavía se utiliza el nombre «gunita». En ciertas clasificaciones equivale al mortero proyectado, pero los límites de tamaño de grano varían (según el país, la definición del límite para el agregado máximo es de 4, 5, o incluso hasta 8mm). Actualmente existen dos métodos de aplicación para el shotcrete: el proceso de vía seca y el de vía húmeda. Las primeras aplicaciones del shotcrete se hicieron mediante la vía seca; en este método se echa la mezcla de cemento y arena en una máquina, y la misma se transporta por mangueras (boas) mediante la

utilización de aire comprimido; el agua necesaria para la hidratación es aplicada en la boquilla.

El uso del método por vía húmeda comenzó después de la Segunda Guerra Mundial. A semejanza del concreto ordinario, se preparan las mezclas con toda el agua necesaria para hidratarlas, y se bombean en equipos especiales a través de las mangueras. La proyección del material se efectúa mediante la aplicación de aire comprimido a la boquilla.

Si bien algunas personas afirman que el shotcrete es un concreto especial, lo cierto es que no es sino otra manera más de colocar el concreto. Al igual como ocurre con los métodos tradicionales de colocación, el shotcrete requiere ciertas características particulares del concreto durante la colocación, y al mismo tiempo requiere satisfacer todas las demandas tecnológicas normales del concreto - relación agua/cemento, consistencia correcta y postratamiento. En el mundo entero abundan trabajos de shotcrete de mala calidad debido a que la gente se olvida de que el shotcrete no es sino otra manera de colocarlo, y de que es fundamental cumplir con todos los requisitos tecnológicos del concreto.

Los equipos para la ejecución de ambos métodos (vía seca y vía húmeda) han mejorado de manera significativa de acuerdo al avance tecnológico como es el sostenimiento robotizado. El presente informe profesional se justifica tanto técnicamente como económicamente; debido al apogeo del

precio de los minerales se optó por el uso de equipo de sostenimiento robotizado.

**Planteamiento del problema:** Debido a que el sostenimiento con shotcrete vía seca el lanzado era muy lento y de bajo rendimiento en el que solamente se lanzaba por guardia 5 a 6 m<sup>3</sup> y un avance aproximado de 5m.

**Objetivos:**

El objetivo general es el tener mas labores de preparación, desarrollo y tajos para explotación de minerales con el fin de cumplir con las metas de producción planeadas anuales.

El objetivo específico es reemplazar el sistema manual del sostenimiento de las labores permanentes con shotcrete por el de un sistema robotizado.

**Hipótesis:**

Lo que se quiere demostrar es la eficiencia de los equipos robotizados de sostenimiento con shotcrete comparado con el método convencional.

**Metodología del trabajo:**

Se trabajo directamente en el campo de trabajo con los equipos convencionales y robotizados de sostenimiento con shotcrete mediante un estudio de áreas sostenidas, rendimientos y análisis de costos comparativos entre ambos sistemas.

## **CAPITULO I : ASPECTOS GENERALES**

### **I.1- UBICACION**

La mina Carahuacra como parte de la Unidad Administrativa Yauli de la Compañía Minera Volcán se encuentra ubicado en el distrito y provincia de Yauli Departamento de Junín; en el flanco Oriental de la Cordillera Occidental de los Andes, entre las coordenadas 76°05' Longitud Oeste , 11°43' Latitud Sur y a 4550 m.s.n.m.

### **I.2- ACCESIBILIDAD**

Es accesible por la carretera central a 150 Km de Lima, y se desvía de Pachachaca a 18Km.

### **I.3 TOPOGRAFIA**

Presenta una topografía moderada con valles amplios de origen glaciar y algunas quebradas secundarias de aspecto juvenil.

#### I.4 CONDICIONES CLIMATICAS

En la zona minera la temporada de lluvias (enero – marzo) esta caracterizada por fuertes precipitaciones con una temperatura que varia de 10° a 0°.



Plano de Ubicación de Mina Carahuacra

## CAPITULO II: GEOLOGÍA

### II.1 GEOLOGIA REGIONAL

Geológicamente la mina esta localizada en el flanco occidental del anticlinal de Yauli, estructura de carácter regional y naturaleza dinámica.

El anticlinal de Yauli esta constituido por unidades litológicas, cuyas edades fluctúan entre el paleozoico inferior y el cretaceo inferior, dispuestos en una serie de anticlinales y sinclinales.

La mayor parte de la región esta conformada por rocas sedimentarias, las que han sido intensamente plegadas y falladas, como también afectadas por intrusivos de composición acida, intermedia y básica que han cortado la secuencia, dando origen a la mineralización, que rellenan fracturas de tensión en unos casos y en otros reemplazando horizontes calcáreos.



## **II.2 ESTRATIGRAFIA**

La secuencia estratigráfica comprende las siguientes Grupos:

Grupo Excelsior, Grupo Mito , Grupo Pucara y el Grupo Goyllarisquisga.

### **II.2.1 GRUPO EXCELSIOR**

En los alrededores de Tarma se determinó una potencia de 1800 metros para este grupo. En Yauli, las filitas tienen un color gris negro las cuales contienen abundantes lentes de cuarzo. Esta secuencia presenta algunos horizontes de caliza metamorfizada.

La edad del grupo Excelsior es Silúrica-Devónica.

### **II.2.2 GRUPO MITU**

Las rocas de este Grupo yacen discordantes sobre la filita Excelsior, presenta 2 fases, una sedimentaria continental y la otra volcánica. La potencia del Grupo Mitu es de 760m aproximadamente.

Son los volcánicos Catalina, consisten en derrames básicos que varían de dacitas a andesitas, que alternan con brechas y algunos horizontes de lutita oscura bastante fracturadas.

En base de esta unidad se tiene un extenso derrame de brecha que alcanza los 60m. de potencia en carahuacra aunque con direcciones Norte y Sur. Se reduce a 3m. o 4m. se tiene también la presencia de piroclastos cuya distribución es irregular.

La edad de estos volcánicos es permica.

### **II.2.3 GRUPO PUCARA**

Este grupo yace discordante ya sea sobre los sedimentos del Grupo Mitu o sobre la volcánica Catalina; su potencia determinada en los alrededores de la Oroya es más de 1400m; en el flanco occidental del domo de Yauli, las calizas de este Grupo presentan algunos métodos de nódulos de cuarzo de 20cm. De diámetro aproximadamente.

Hacia la parte superior alternan algunos niveles lutaceos y otros tobaceos que varían mucho en espesor de 3cm a 10cm, muchos de estos tufos están relacionados a los mantos mineralizados. La parte inferior del grupo pucará consiste en una intercalación de calizas bien estratificadas de color gris claro, con capas de brechas calcáreas gris oscura. Una secuencia aproximada de pucará, es la siguiente: Brechas calcáreas, calizas con abundante nódulo de cuarzo, intercalados con cher (fósil pecten prodanus). La edad de la caliza Pucará es Jurásica.

### **II.2.4 GRUPO GOYLLARIQUISCA**

Este grupo tiene las siguientes secuencias: Arenisca, cuarcita y calizas. Yacen en aparente concordancia sobre las calizas Pucara, este Grupo consiste de areniscas que alternan con arcillas.

Este grupo es de la edad Cetácea.

### **II.2.5 PLUTONISMO**

A lo largo del anticlinal de Yauli se observan numerosos plutones de monzonita cuarcita, diques de andesita y diabasas, el que ha sido

reconocido en el túnel Victoria, 450m debajo de su afloramiento se ha determinado diques andesíticos con una aureola de metamorfismo y una débil mineralización diseminada, fallas que coinciden con estratificación que han desplazado estos diques

### **II.2.6 INTRUSIVOS CARAHUACRA**

En un afloramiento alargado en dirección N - S con 1100 m de largo por 850 m de ancho, se observa en su parte norte una apófisis de 550 m de diámetro. El intrusivo tiene textura porfírica donde predomina los feldespatos, con menor proporción de cuarzo y biotita en una matriz afanitita. Las filitas excelsior han sido fuertemente cizalladas en una de las franjas de unos 3 metros alrededor del contacto.

### **II.3 GEOLOGIA ESTRUCTURAL**

Se distinguen dos periodos principales de plegamientos. La serie Excelsior es afectada por la Orogenia – herciana, manifestada por estructuras orientadas NE-SW.

El ciclo andino fue el constante y causante del anticlinal de yauli con orientación regional N40° W. La longitud aproximada de dicha estructura es de 12Km. Y un ancho de 5Km.

## **II.4 FRACTURAMIENTO**

Se distingue dos sistemas principales de fracturamiento, uno paralelo y otro particular que es perpendicular al eje del anticlinal.

El fracturamiento paralelo al eje se formó por esfuerzos compresivos, producidos por la formación volcánica dando lugar a fallas inversas acompañadas en muchos de pliegues de arrastre. Los esfuerzos sensitivos producen el fracturamiento longitudinal la cual produjo las fallas inversas.

El fracturamiento perpendicular al eje anticlinal debió haberse formado en el evento aquel que causo el fallamiento inverso.

Existe un sistema transversal que constituye el mejor control de mineralización, debido a que se observa vetas con esta dirección y se cree que pudieron haber influido en la formación de mantos.

En lo que se refiere a fallas post-mineralización se ha observado que la veta 1920 desplaza tufos de 12m horizontales, el movimiento es a la derecha, se cree que el esfuerzo que causó el plegamiento que fue la intrusión ígnea.

## **II.5 GEOLOGIA ECONOMICA**

La mineralización en la mina Carahuacra ocurre en mantos, vetas y pequeños cuerpos.

### **II.5.1 ALTERACION**

La alteración principal es la dolomitización de las calizas, en una aureola de espesor variable, y que rodea la mineralización en

un ancho de 12m aproximadamente, la silicificación es menos intensa.

### **II.5.2 MANTOS**

En la parte inferior del grupo pucara existen dos horizontes mineralizados mantos viejecita en el piso y principal en el techo hacia la parte central del grupo pucara se encuentran los mantos huaripampa, viejecita y principal son esencialmente similares, presentan un brechamiento por sobre escurrimiento.

### **II.5.3 CUERPOS**

Mina Carahuacra esta conformado también por los cuerpos 423, cuerpo Lidia y cuerpo Huaripampa. Las leyes cubicadas de zinc varían desde 12% a 45%. La explotación de estos cuerpos están limitados entre los niveles 630 y 870.

### **II.5.4 VETAS**

En las calizas intermedias del grupo pucará, se presentan un grupo muy reducido de vetas con N 60° E y buzamiento de 80° al Sur, las que presentan un espejo de falla que evidencian claramente un movimiento horizontal.

En Carahuacra se trabajan las siguientes vetas Yanina, Mary y Maria Lourdes en los niveles 820 y 970. Las vetas presentan un alto contenido de zinc y plata entre los niveles 870 y 920.

## **II.6 MINERALOGIA**

El mineral característico es la esfalerita (Zns) que se presenta en forma masiva, cristalizada y reemplazando parcialmente a las calizas y en su variedad marmática.

También se tiene como minerales de mena a la galena argentífera, la jamesonita, la argentita, la prousita y la pirargirita. Como mineral de ganga se tiene la pirita, calcita (  $\text{CO}_3\text{Ca}$  ), oxido de fierro, cuarzo (  $\text{SiO}_2$  ), marcasita, siderita, rodocrosita, dolomita y diseminación de calcopirita.

## **II.7 Reservas**

La reserva actual es de 3' 700,000 Tons. Con leyes de 0.05% de Cu, 0.7% de Pb, 5.3% Zn y 3.8 Oz Ag.

## **CAPITULO III:SOSTENIMIENTO EN MINAS SUBTERRANEAS**

### **III.1 CLASES DE SOSTENIMIENTO**

En la minería subterránea se utilizan diferentes tipos de sostenimientos para poder estabilizar el macizo rocoso y poder seguir avanzando con los trabajos de exploración, desarrollos, preparación y explotación. Los tipos de sostenimientos se clasifican en:

Sostenimiento activo y sostenimiento pasivo.

#### **III.1.1 Sostenimiento Activo (refuerzo)**

Que viene a ser el refuerzo de la roca, donde los elementos de sostenimiento forman parte del macizo rocoso y tenemos:

- Pernos helicoidales
- Pernos de anclaje
- Swellex
- Split set
- Cables

### **III.1.2-Sostenimiento Pasivo (soporte)**

Donde los elementos de sostenimiento son externos al macizo rocoso y dependen del movimiento interno de la roca que esta en contacto con el perímetro excavado y tenemos:

- Malla
- Cimbra
- Cuadros
- Shotcrete

### **III.2- ÍNDICES GEOMECÁNICOS.**

#### **III.2.1- Condiciones a tomar en cuenta:**

El tipo de sostenimiento se basa en que los tajeos de explotación son: temporales.

La resistencia de la roca cambia con las diferentes condiciones geológicas por lo que se emplea el Sistema GSI, índice de resistencia geológico para clasificar las rocas en el terreno las condiciones de resistencia se determinan con la picota, según:

MB (muy buena) se rompe o astilla con golpes de la picota.

B (buena) se rompe con más de 3 golpes.

R (regular) se rompe entre 01 y 3 golpes.

P (pobre) se indenta superficialmente con 1 golpe.

MP (muy pobre) se indenta profundamente con 1 golpe.



## **CAPITULO IV: IV.1. SHOTCRETE**

Concreto proyectado neumáticamente sobre una superficie a alta velocidad a través de una manguera y boquilla”.

### **MATERIALES COMPONENTES**

Los materiales usados en el shotcrete son básicamente los mismos que los utilizados en el concreto: Arena, cemento, agua, aditivos y fibras.

#### **agregados**

La arena para el concreto lanzado deberá satisfacer los requisitos de las normas para los agregados, generalmente deberá usarse agregados de cero a 12mm.

Estos áridos estarán compuestos de partículas limpias, duras, resistentes y de una calidad uniforme. Su forma será redondeada o cúbica y contendrá menos de 15% de partículas planas, delgadas o alargadas, definiéndose como una partícula alargada aquella que tiene su máxima dimensión cuatro veces mayor que la mínima.

## **cemento**

El cemento Pórtland debe de cumplir los requisitos de calidad respectivos. Se usaran cementos expresamente indicados en los planos o especificaciones. Si el concreto lanzado esta expuesto a suelos o agua freática que contengan elevadas concentraciones de sulfatos disueltos, deberá usarse cementos resistentes a los sulfatos. Cuando las exigencias estructurales requieran alta resistencia rápida, se preferirá el empleo de cemento Pórtland de endurecimiento rápido.

## **agua**

El agua para el mezclado y el curado deberá ser limpia y libre de sustancias que pueden ser dañinas al concreto o al acero. Cuando la apariencia sea un factor importante, el agua para curar también deberá estar libre de elementos que puedan ocasionar manchas.

Los limites máximos de cloruro y sulfatos serán, en peso los siguientes:

Cloruros expresados en ion cl : 6000 p.p.m

Sulfatos expresados en ion so : 1000 p.p.m.

En cualquier caso, antes de emplear cualquier clase de aguas en el lavado de áridos, amasado y curado, será necesario efectuar cuantos ensayos se consideren precisos para que resulte idónea.

## **aditivos**

Es deseable incluir aditivos en el concreto lanzado para usos y condiciones de colocación especiales. Empleando con cuidado los aditivos pueden producir resultados muy satisfactorios. Pero algunos

aditivos que han sido satisfactorios en el concreto pueden no ser útiles en el concreto lanzado, preferiblemente deben ser líquidos.

### **acelerantes**

En caso de que se requiera un fraguado rápido o altas resistencias iniciales, deberá emplearse un acelerador de fraguado e impermeabilizante. La dosificación varía entre el 2 % y el 7 % del peso del cemento.

El acelerante que se está usando de alto rendimiento es el MEYCO SALVO 160, un acelerante líquido no cáustico y libre de álcalis.

### **retardadores**

Durante los periodos de calor y cuando se requiere un acabado especial, puede ser recomendable añadir un retardador a la mezcla. El empleo de estos puede evitar la presencia de juntas frías, obteniendo así propiedades impermeables.

## **SHOTCRETE EN MINERÍA**

### **USOS**

- Fortificación permanente, junto a pernos y malla (uso No. 1 mundial).
- Fortificación temporal.
- Única fortificación permanente (reemplaza pernos y malla).
- Muros de contención.
- Revestimiento de piques, ductos, estructuras sometidas a desgaste, sellos de ventilación.

- Revestimiento de túneles de evacuación de aguas.
- Pavimentos (rampas de acceso, áreas de carga/descarga, etc.).

### **REQUISITOS PARA SU EFECTIVIDAD:**

1. Adherencia.
2. Espesor y recubrimiento.
3. Ductilidad (capacidad de deformación.)
4. Resistencia temprana.
5. Resistencia a tracción.
6. Durabilidad.
7. Resistencia a compresión.

### **TEORIA BASICA DE MECANISMO DE SOPORTE**

#### **Modelo soporte roca-shotcrete (sin pernos).**

Eficiencia de fortificación depende de:

- adherencia roca-shotcrete,
- espesor del shotcrete,
- resistencia a tracción del hormigón (con o sin fibras).

#### **Modelo soporte con pernos**

Eficiencia de fortificación depende de:

- capacidad flexión del hormigón (espesor y ductilidad, con o sin fibras),

- distancia entre pernos,
- tamaño y peso del bloque.

**Requisitos más importantes en fortificación minera son**

adherencia, resistencia a tracción, ductilidad.

- Shotcrete de buena calidad y bien ejecutado aumenta eficiencia del sistema de fortificación.
- Shotcrete mal ejecutado es carga muerta y un peligro.
- Shotcrete aumenta la durabilidad de fortificación, sellando la roca y protegiendo la malla y pernos de corrosión.
- ud.sabe cuánto le cuesta el shotcrete, pero sabe qué beneficio económico le reporta?

UN SHOTCRETE DE POBRE DESEMPEÑO ES:

costoso, inseguro, ineficaz e ineficiente

Causas de un shotcrete de baja calidad en minería:

- Incorrectos o incompletos análisis de costos, conducentes a falsos ahorros (muy común).
- Inadecuado o inexistente diseño de mezcla.
- “Si funcionó ayer, funcionará mañana”: fuerte resistencia al cambio.
- Equipos/infraestructura de proyección inadecuada.
- Mano de obra no calificada / técnicas de aplicación incorrectas.
- Deficiente logística de suministros (aire, agua, energía).

– Control de calidad insuficiente o inexistente.

Mezcla “barata”, de baja calidad y lento fraguado.

**Efectos:**

- Pobre desarrollo de resistencia:
  - Inseguro.
  - Más pasadas para un espesor.
  - Alta dosis de acelerante.
- Bajo rendimiento de fortificación.
- Baja resistencia final.
- Pobre durabilidad.
- Alto rebote.
- Mayor tasa de mezcla rechazada.
- Pobre rendimiento de colocación.
- Mayor polución en el ambiente y contaminación de aguas subterráneas.
- Mayor costo en transporte (se necesita más material para el mismo volumen en la roca)

**Diseño de mezcla de alta calidad, rápido fraguado**

Beneficios:

- Mayor seguridad (rápido fraguado).
- Mejor adherencia.
- Menor consumo de acelerante.
- Espesor en una pasada.

- Mejor desarrollo de resistencia.
- Baja reducción de resistencia final.
- Alta durabilidad.
- Bajo rebote.
- Baja pérdida de material.
- Menor ciclo de fortificación.
- Mejor ambiente de trabajo

**ALGUNAS OBRAS DONDE SE HA UTILIZADO EL SHOTCRETE  
ROBOTIZADO VIA HUMEDA CON ACELERANTE MEYCO SALVO 160**

**Proyecto de Planta Hidroeléctrica Miel 1, Colombia**

Cemento portlant tipo I	420 kg/m <sup>3</sup>
Cenizas volantes	20 kg/m <sup>3</sup>
Piedra caliza pulverizada	50 kg/m <sup>3</sup>
Agregado (0-8 mm)	1285 kg/m <sup>3</sup>
Agregado (5-12 mm)	474 kg/m <sup>3</sup>
Superplastificante	1%
Retardador	0,3%
Relación agua/cementante	0,50

**Adición en la boquilla:**

MEYCO® SA160	8 %
--------------	-----

Resistencia a la compresión:

30 min	>0,5 MPa
1 h	>0,6 MPa
6 h	>1,9 MPa
14 h	>5,6 MPa
28 días (núcleos <i>in situ</i> )	>26 MPa

### **Túnel La Palma de Santa Cruz, Palmas de Gran Canarias, España**

Cemento Portland tipo I	450 kg/m <sup>3</sup>
Arena (0-6 mm)	1430 kg/m <sup>3</sup>
Agregado (6-12 mm)	260 kg/m <sup>3</sup>
Rheobuild® 1000 EPS	7,6 kg/m <sup>3</sup>
Relación agua/cementante	0,40
Espesor aplicado	20-30 cm

#### **Adición en la boquilla:**

MEYCO® SA160	7-9 %
Rebote	10 %

#### **Resistencia a la compresión:**

4 h	16 MPa
3 días (núcleos <i>in situ</i> )	22 MPa
28 días (núcleos <i>in situ</i> )	>30 MPa
28 días	50 MPa
100 días	58 MPa



120 días

62 MPa

## **IV.2 TIPOS DE SHOTCRETE**

**IV.2.1 SHOTCRETE VIA SECA** .- Procedimiento mediante el cual todos los componentes del shotcrete proyectado son previamente mezclados manualmente o mecánicamente a excepción del agua que es incorporado en la boquilla de salida antes del lanzamiento de la mezcla. El transporte de la mezcla sin agua se realiza a través de mangueras especiales de 2" y 3" de diámetro de forma neumática hasta la boquilla.

### **IV.2.2 SECUENCIA DEL LANZADO DE SHOTCRETE VIA SECA**

1º- El cemento y la arena se mezclan adecuadamente hasta conseguir una perfecta homogeneidad y se va adicionando también las fibras metálicas en la siguiente proporción.

Arena	1m <sup>3</sup>
Cemento	420 Kgs.
Fibra metálica	25 Kgs

2º- La mezcla se introduce en un alimentador de la aliva.

3º- La mezcla del alimentador pasa al rotor el cual es accionado por el motor de la aliva, luego la mezcla ingresa a la manguera (boa) de 2½"

4º- La mezcla es transportada mediante aire comprimido a presión hasta la boquilla. Esta boquilla va equipada con un distribuidor múltiple perforado, a través del cual se pulveriza el agua a la salida y se mezclan.

5º- La mezcla ya húmeda se proyecta desde la boquilla sobre la superficie que debe sostenerse con shotcrete.

### **IV.2.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA VIA VÍA SECA**

#### **VENTAJAS:**

- La aplicación puede ser interrumpida en cualquier momento, sin mayor pérdida de materiales.
- equipo liviano, adecuado para proyección manual.
- se requiere relativamente bajo nivel de entrenamiento para los operadores. Aplicaciones de alta calidad requieren de operadores bien entrenados.
- adecuado para uso de líneas de descarga largas y aplicación en altura.
- método adecuado para trabajos de reparación.
- método adecuado para faenas con dificultades de acceso.

#### **DESVENTAJAS:**

- la relación agua/cemento depende del operador.
- alto rebote (típico entre 20 y 40%).
- el uso de fibras largas causa problemas y más rebote.
- alto consumo de aire comprimido.
- alto nivel de polvo en el ambiente de trabajo.
- baja capacidad de aplicación.

- se necesita scoop para trasladar materiales y equipo de sostenimiento.
- El operador esta expuesto debajo del área a sostener
- La mezcla después de 4 horas pierde sus propiedades.

### **IV.3 SHOTCRETE VIA HUMEDA**

Procedimiento mediante el cual todos los componentes del shotcrete incluyendo el agua, son mezclados previamente antes de ser incorporados a la manguera a través de la cual serán transportados hasta la boquilla.

#### **IV.3.1 FASES DE SHOTCRETE VIA HUMEDA**

1º- El cemento, la arena, el agua y la fibra sintética se mezclan adecuadamente hasta conseguir una perfecta homogeneidad en proporciones variables .Se usa el cemento andino tipo1, se adiciona polvo de sílice en un 4% del peso de cemento, también se adiciona superfluidificante, así mismo se selecciona el tipo de cono de salida de la mezcla conos de (8"-16").

2º La mezcla preparada se carga a los mixseres los cuales transportan de la planta hasta la labor donde se va sostener.

3º- La mezcla se va vaciando poco a poco hacia el tanque del alpha 20 y de aquí pasa a la manguera, el acelerante del tanque de 400 lts. se adiciona en la boquilla, si son silicatos y a 5mts. aproximadamente si son aluminatos y acelerantes libres de álcalis para conseguir resistencias iniciales altas y favorecer la disminución del rebote.

4º- La mezcla es transportada mediante aire a presión hasta la boquilla.

Esta boquilla va equipada con un distribuidor de aire para ayudar a la proyección.

5º- El shotcrete se proyecta desde la boquilla (tobera) sobre la superficie que debe shotcretearse.

### **IV.3.2 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL SHOTCRETE VÍA HÚMEDA**

#### **VENTAJAS:**

- Alta capacidad de colocación 18 m<sup>3</sup> /hora.
- El operador no está expuesto en el área a sostener.
- Bajo costo para el producto aplicado.
- Bajo rebote, entre 5% y 10%.
- Mejores condiciones de trabajo (menos polvo).
- Muy adecuado para aplicaciones con refuerzo de fibras (el rebote no aumenta con el uso de fibras).
- Método muy adecuado para sostener grandes áreas
- solo se utilizan dos personas para trabajar con el robot.
- Equipos robotizados pueden operar en varios frentes (facilidad de trasladarse).

#### **DESVENTAJAS:**

- Largo limitado de la línea de descarga
- Las secciones de las labores deben adecuarse para el traslado de equipos el robot y los mixeres.

- Equipos más caros (robots).
- La aplicación con equipos robotizados requiere de operadores con alto grado de entrenamiento.
- Tecnología especializada del concreto usado como shotcrete.
- Las vías por donde se van desplazar los equipos deben estar en buen estado.

#### **IV.4- Factores influyentes en la resistencia:**

Son desfavorables las discontinuidades y rumbo de las estratificaciones paralelas al eje de las labores, el agua, PH, relleno de fracturas, pilares, puentes y frentes de excavación. La mayor parte de labores que se están trabajando están clasificados como IF/P e IF/MP.

#### **IV.5- TIPO DE AUTOSOPORTE**

##### **4.5.1- Para Rocas IF/P.(intensamente fracturado /pobre)**

Tempo de autosoporte: 5 días.

Longitud máxima Sin soporte: 8 m.

shotcrete de 2 pulg. De espesor.

##### **4.5.2- Para Rocas IF/MP.(Intensamente fracturado / muy Pobre)**

Tiempo de auto soporte: 1 día.

Longitud máx. Sin soporte: 3m.

Shotcrete de 3 pulg. De espesor se coloca Split set de 7 pies a 1.2 m. x 1.2 m de malla.

## **CAPITULO V: Explotación anterior por corte y relleno ascendente con cuadros y shotcrete con alivas.**

La producción en la mina carahuacra era de 30,000 ton/mes.

### **V.1.1 Dimensionamientos.**

### **V.1.2 Preparaciones para la explotación.**

Los subniveles de explotación anteriormente eran de sección de 3m. x 3m. La longitud promedio de 100m. Con echaderos de mineral situados a 150m.

Los tajeos tenían ejes paralelos al rumbo de las estructuras por lo cual el sostenimiento era peligroso y lento.

Los equipos de perforación eran las maquinas jack leg y 01 jumbo rocket boomer, en voladura se empleaba dinamitas y accesorios de voladura el Excel, en limpieza de mineral se tuvo 01 scoop eléctrico de 3.5 yds<sup>3</sup>, 01 scoop diesel de 2.5 yds<sup>3</sup>. Con un dumper de 20 tons. Para el transporte de mineral

### **V.1.3 Equipos.**

Los equipos eran Alivas para lanzar shotcrete vía seca.

Con una capacidad de 05 m<sup>3</sup> / guardia de 12 horas. Para rocas IF/P.

Para rocas IF/MP se usaban cuadros de madera, armando 01 cuadro completo cada guardia.

La instalación de pernos split set se realizaba en forma manual con máquinas perforadoras jack leg con una eficiencia máxima de 40 pernos por guardia de 12 horas.

### **V.1.4 Producción.**

La Producción en la zona mecanizada de Lidia era de 500 Tons/día y el resto era de la zona convencional área de vetas. Se trabajaba con Corte y Relleno Ascendente con Relleno hidráulico, preparando subniveles de 3m.x 3m. que atravesaban el cuerpo y toda la estructura luego se corrían frentes de 3m x 3m. Paralelos a las estructuras con buena mineralización, el sostenimiento era con cuadros de madera, shotcrete con alivas y empernado manual, rellenando las cavidades con relleno detrítico de las zonas pobres y relleno hidráulico, empleándose 01 jumbo en perforación, 01 scoop

eléctrico de 3.5 yds<sup>3</sup> para limpieza de mineral y 1 dumper de 20 toneladas para trasladar el mineral a los ore pass.

#### **V.1.5 Seguridad.**

Los índices de seguridad eran elevados por accidentes fatales e incapacitantes. Índices de:

Frecuencia: 13.52, Severidad: 10.2 y Accidentabilidad: 0.13

#### **V.2- Explotación actual por slots, corte y relleno ascendente**

La producción de Carahuacra es de 50,000 ton/ mes con leyes de 5.1% Zn. (blendeando), el objetivo es llegar a 60,000 ton/mes.

#### **V.3 Dimensionamientos.**

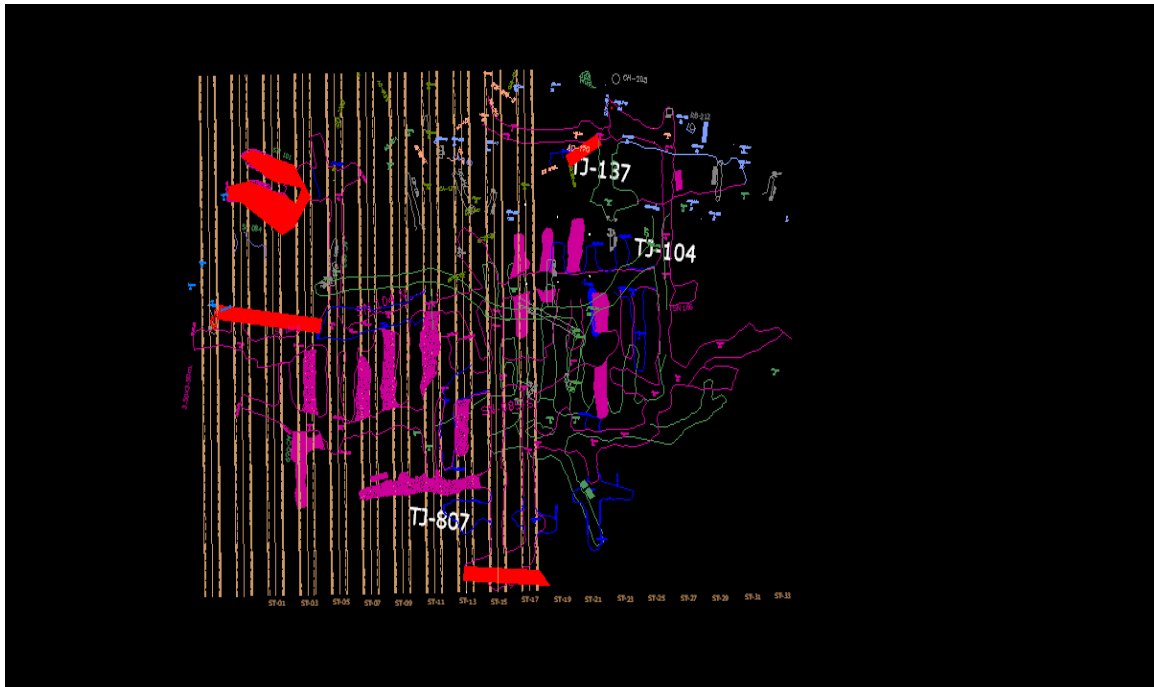
##### **V.3.1 Preparaciones para la explotación.**

La geometría de los tajeos es condicionada por la forma de los cuerpos mineralizados por lo cual los subniveles de explotación se corren paralelos a los estratos mineralizados y los slots o cámaras de explotación son transversales a las estructuras mejorando la estabilidad, tienen la sección de 5m. x 5m. Longitud de 100m. Promedio, con echaderos de mineral a 100m. También en los cuerpos hay caballos de desmonte y zonas de baja ley que se quedan insitu como pilares o serán



utilizadas como relleno. En Perforación se emplea 01 jumbo, utilizando la voladura de contorno con taladros vacíos y explosivos de menor diámetro para minimizar los efectos del explosivo a las cajas y el techo. En Voladura se emplea el accesorio Exel así como el Muki, nuevo detonador en sus versiones de 300 milisegundos y de 100 milisegundos cuya característica principal es no emplear el cordón detonante para el amarre de todos los taladros, en limpieza tenemos 01 scoop eléctrico de 3.5 yds<sup>3</sup> y 01 scoop diesel de 4 yds<sup>3</sup> así como 02 dumpers de 20 tons. y 01 volquete de 25 tons. Para evacuar el polvo generado por el shotcrete y equipos diesel se tiene un sistema de ventilación con ventiladores principales, secundarios y auxiliares para tener un ambiente limpio y dentro de los límites permisibles de gases en el medio ambiente. Las áreas explotadas serán totalmente rellenas con relleno hidráulico, para permitir la extracción de los slots adyacentes.

**NIVEL 730**  
**SLOTS Y EJES TRANSVERSALES A LAS ESTRUCTURAS**  
**MINERALIZADAS DE COLOR ROSADO,**  
**ESTRUCTURA MINERALIZADA DE COLOR ROJO**  
**MINA CARAHUACRA**



**Fuente: geología mina carahuacra**

#### **V.4 Sostenimiento**

Considerando el tipo de roca entre IF/P e IF/MP. Se controla el sostenimiento con Shotcrete de 2 pulg. empleando el Robot Alpha 20 en rocas IF/P y Shotcrete de 2 pulg. con pernos split set de 7pies en rocas IF/MP.

Componentes del concreto tipo vía húmeda a lanzar/m3:

Cemento	17.2%,	425Kg
Agregado (arena gruesa)	72%,	1625Kg
Agua		227Lts
Superplastificante	0.5 a 1%	6.36Kg
Filler calizo	2 a 5%	35Kg
Fibra de acero	1.7%,	40Kg
Caliza	1.8%,	
Delvo estabilizador	0.8%	
Rheobuilt	0.2%	2Kg

Agua 8.4% para un total de 2,235 kg. de mezcla, pudiendo adicionar estabilizadores si es necesario. La resistencia a 28 días es 306 Kg./cm<sup>2</sup>.

El cálculo de mezcla shotcreteado en las labores se calcula así:

Metros cúbicos de mezcla = perímetro por longitud de la labor por la rugosidad (1.4) por el rebote (1.2) y por el espesor (0.05 m. o 2 pulgadas).

$$M^3 = 2P \times L \times R \times r \times e$$

M<sup>3</sup>: Metros cúbicos lanzados

2P: Perímetro de la labor  
 L : Longitud shotcreteado  
 R : Rugosidad  
 r : Rebote  
 e : Espesor

## **CAPITULO VI**

### **SOSTENIMIENTO CON SHOTCRETE ROBOTIZADO EN MINA CARAHUACRA**

#### **VI.1 Equipos Robotizados.**

El equipo shotcretero es un Robot Modelo Alpha 20, marca Semmco, provisto de sensores, con capacidad teórica de lanzamiento de 20 m<sup>3</sup>/ hora de mezcla vía húmeda. En la práctica se lanza 12 m<sup>3</sup>/ hora, en promedio.

Este equipo a control remoto tiene las siguientes dimensiones: largo de 9 m., ancho de 2.5 m. y altura de 3.3 m. operado por 01 sólo hombre y su ayudante.

El alpha 20 es abastecido por 3 Mixeres, vehículos de 3 m<sup>3</sup> de capacidad cada uno operados por 01 hombre.

Para el empernado se cuenta con un robot Empernador, con una velocidad de colocación de 01 perno split set de 7pies en 2.5 minutos pudiendo también colocarse con malla cuando requiera el sostenimiento.

## **VI.2 Producción.**

La Producción actual de 50,000 Tons. / mes se logra con 01 jumbo Boomer 281 para la perforación, 01 scoop eléctrico de 3.5 Yds<sup>3</sup>, 01 scoop diesel de 4 Yds<sup>3</sup>, 2 dumpers de 20 Tons. y 01 volquete de 25 Tons. enviando el mineral a echaderos, los que a su vez llevan el mineral al Túnel Victoria y con locomotoras de 12 Tons. y 10 carros Gramby de 8 Tons. c/u transportan el mineral a la Planta Concentradora Victoria con capacidad es 4,000 Tons / día.

La producción futura es 60,000 Tons./ mes y esta sujeta a la compra de equipos, scoop que ya están pedidos, también a tener áreas para explotación, que hay por la exploración agresiva que se realiza.

## **VI.3 Seguridad**

### **SEGURIDAD EN EL TRABAJO**

Para una implementación segura, es necesario que el operador conozca adecuadamente el equipo y sus técnicas y sepa perfectamente de los materiales y aditivos que se están usando. Para proteger al operador de lesiones e incomodidades causadas por rebote, polvo, desprendimientos de shotcrete fresco y otros, el siguiente es el equipo de protección que, como mínimo, debería usar:

- Casco de seguridad adecuado para trabajos subterráneos.
- Lentes de seguridad , tapón de oídos..
- Máscara respiradora (trompa), con filtros adecuados al ambiente de trabajo y careta facial para protección del rostro.
- Overol y botas de jebe para usar en trabajos con concreto fresco.

Debido al riesgo de desprendimientos, una persona no debería caminar nunca bajo una aplicación fresca de shotcrete y debería esperar hasta que hayan transcurrido, a lo menos 15 minutos desde esa aplicación.

En caso de bloqueo o tapón en la línea de descarga, se debe aliviar la presión en la línea de descarga, la del aire comprimido y la del aditivo acelerante, antes de desenganchar cualquier acoplamiento.

Los accidentes se han reducido a cero, estando los índices respectivos por debajo de los estándares internacionales.

La continua capacitación a todo nivel permite que la geomecánica se aplique y forme parte del trabajo diario. Así mismo la utilización del EPP (equipo de protección personal) en forma total y adecuada contribuye a minimizar los accidentes.

Los índices son: frecuencia 1.56, severidad 5.7, y de accidentabilidad 0.09.

#### **VI.4.- CALCULO DE ESPESOR DE SHOTCRETE EN GALERIA**

##### **VI.4.1: Geometría de la galería**

Ancho de la galería	B=4.00m
Altura de la galería	Ht=4.00m

Espesor de shotcrete primario:  $e_1=0.05\text{m}$

Espesor del shotcrete secundario  $e_2=0.05\text{m}$

#### VI.4.2.- Materiales

Macizo rocoso

Clasificación geomecánica del macizo rocoso

Barton (Q)  $Q=2.9$   $J_n=6$   $J_r=3$

$RMR=9\ln(Q)+44$   $RMR=53.05$  roca regular

Esfuerzo a la compresión  $R_c=1186.4\text{Kg/cm}^2$

Densidad de la roca  $d_r=2690\text{Kg/m}^3$

Angulo de fricción interna  $\phi=38.65^\circ$

Cohesión  $C=392.76\text{Kg/cm}^2$

Modulo de elasticidad

$E_2=(2RMR-100)\times 10^4\text{Kg/cm}^2$   $E_2=(2\times 53.5-100)\times 10^4$

$E_2=6.8\times 10^9\text{Kg/m}^2$

Coefficiente de poisson  $\beta=0.25$

Modulo de Balasto según Peck

$$K_r = \frac{2xE_2}{(1-\beta)B}$$

$$K_r = \frac{2\times 6.8}{(1-0.25)\times 4}\times 10^4$$

$$K_r = 4.5\times 10^9\text{Kg/m}^3$$

Sostenimiento con shotcrete

#### Primera Capa:

Resistencia a compresión a 28 días  $f'_{sh1}=285\text{Kg/cm}^2$

Resistencia al corte  $f_v'sh1=0.2xf'sh1=5.4 \times 10^5 \text{Kg/m}^2$

Densidad del shotcrete  $dsh1=2000 \text{Kg/cm}^3$

### Segunda Capa

Resistencia a compresión a los 28 días  $f'sh2=295 \text{Kg/cm}^2$

Resistencia al corte  $f_v'sh2=0.2xf'sh2$

$$f_v'sh2=5.7 \times 10^5 \text{Kg/m}^2$$

Densidad del shotcrete  $dsh2=2100 \text{Kg/m}^3$

### VI.4.3 Cargas consideradas

En el Interior de la galería

Barton (Q)

$$P_{v1} = \frac{2 \times J_n^{1/2}}{3 \times J_r \times Q^{1/3}} \text{Kg/cm}^2 \quad P_{v1} = 3.652 \times 10^3 \text{Kg/m}^2$$

$$P_{h1} = P_{v1} \frac{\beta}{1 - \beta} \quad P_{h1} = 1268 \text{Kg/m}^2$$

Bieniawski

$$P_{v2} = \frac{100 - \text{RMR}}{100} \times B \times d_r \quad P_{v2} = 3.792 \times 10^3 \text{Kg/m}^2$$

$$P_{h2} = P_{v2} \times \frac{\beta}{1 - \beta} \quad P_{h2} = 1.421 \times 10^3 \text{Kg/m}^2$$

### VI.4.4.-En el Interior de la galería (sostenimiento flexible)

#### a.-Método del Cálculo

El comportamiento de revestimiento con shotcrete



, es similar al de un cilindro de pared delgado sometido a presión radial uniforme, esto se debe a la flexibilidad del revestimiento, permite una reducción de la altura y un incremento del ancho de la galería, suficientes para distribuir la diferencia inicial entre las presiones vertical y horizontal.

## **b.- Diseño del shotcrete**

### **b.1.- Revestimiento Primario**

Factor de carga en galería  $F_c=1.5$

Barton (Q)

$$e_1 = \frac{F_c \times P_v1 \times B}{2 \times (0.8 \times f' \times sh1)} \quad e_1 = \frac{1.5 \times 3.798 \times 10^3 \times 4}{2 \times 0.8 \times 285} = 0.045 \text{m} < 0.05 \text{m}$$

Bieniawski (RMR)

$$e_2 = \frac{F_c \times P_v2 \times B}{2 \times (0.8 \times f' \times sh1)} \quad e_2 = \frac{1.5 \times 3.801 \times 10^3 \times 4}{2 \times 0.8 \times 285} = 0.048 \text{m} < 0.05 \text{m}$$

### **b.2.- Revestimiento secundario**

Factor de carga  $F_c=1.9$

Barton (Q)

$$e_1 = \frac{F_c \times (0.75 \times P_v1) \times B}{2 \times (0.8 \times f' \times sh2)} \quad e_1 = 0.047 \text{m} < 0.05 \text{m}$$

Bieniawski (RMR)

$$e_2 = \frac{F_c \times (0.75 \times P_v2) \times B}{2 \times (0.8 \times f' \times sh2)} \quad e_2 = 0.049 \text{m} < 0.05 \text{m}$$

Galería:Cuadro de revestimiento para shotcrete								
Labor	Jn	Jr	Q	RMR	Pv1	Pv2	e1	e2
Galería	6	3	2.9	53.5	3.799	3.801	0.05	0.05
	9	2	4.7	58	2383	9942.2	0.029	0.022

### C.-Diseño de los pernos de anclaje

El número de pernos de anclaje en una sección típica transversal podrán ser estimados de la siguiente manera, según el siguiente caso:

Longitud de cuña a sostener  $L=4\text{m}$

Altura de la Cuña  $A=2\text{m}$

Separación longitudinal de pernos  $Sl=1.50\text{m}$

Peso de la cuña a sostener:  $W = \frac{L \times A}{2} \times Sl \times \rho$

Factor de seguridad( $F_s$ )  $F_s=1.5$

Capacidad de carga de la barra a tensión de rotura

$$f_s=5500\text{Kg/cm}^2$$

Área de sección de la barra  $A_s = \frac{\pi}{4} \times (39\text{mm})^2$

Cantidad de pernos transversalmente

$$n = \frac{F_s \times W}{f_s \times A_s} = 2.6 \text{ pernos por longitud de cuña}$$

Separación entre pernos

$$St = \frac{L}{n} = \frac{4}{2.6} = 1.5\text{m}$$

Para la excavación se considera los Split set de 2.10m y diámetro 39mm, por ser los adecuados, dada las condiciones geotécnicas, geomecánicas del macizo rocoso.

Shotcrete como sostenimiento preventivo y definitivo



**Fuente: folleto MBT**

## CAPITULO VII: Análisis de Costos de shotcrete vía seca y vía húmeda

Para este análisis a continuación se presenta el cuadro correspondiente de costos de shotcrete vía seca y vía húmeda:

<b>Costo de shotcrete VIA SECA utilizada en los trabajos en la mina Carahuacra (FUENTE SEMIGLO)</b>			
<b>Proporción de aditivos y agregados para 1m<sup>3</sup> de concreto fc=260Kg/cm<sup>2</sup></b>			
<b>Aditivos</b>	<b>Cantidades</b>	<b>Costos \$</b>	<b>Total</b>
Cemento andino tipo I	420.00 Kilos	0.24	100.80\$/m <sup>3</sup>
Agregado	1m <sup>3</sup>	5	5.00 \$./m <sup>3</sup>
Agua	227 Litros		
Súper plastificante	6.36 Kilos	1.65	10.50\$/m <sup>3</sup>
Scoop diesel 3.5 yd <sup>3</sup>	0.16 horas	60	9.60\$/m <sup>3</sup>
Fibra de acero	20Kilos	1.65	33.00\$/m <sup>3</sup>
Meyco salvo 160	27.18 Kilos	1.03	27.90 \$./m <sup>3</sup>
<b>Total</b>			<b>186.80\$/m<sup>3</sup></b>

<b>Composición de la mezcla utilizada en los trabajos de concreto lanzado VIA HUMEDA en la mina Carahuacra (Fuente Unicon)</b>			
<b>Proporción de aditivos y agregados para 1m<sup>3</sup> de concreto fc=260Kg/cm<sup>2</sup></b>			
<b>Aditivos</b>	<b>Datos técnicos</b>	<b>Marca</b>	<b>Total</b>
Cemento andino tipo I	430.00 Kg./m <sup>3</sup>	Andino	10.12 bls/m <sup>3</sup>
Agregado	1m <sup>3</sup>		1625.00 Kg./m <sup>3</sup>
Agua			227.00 Lt/m <sup>3</sup>
Súperplastificante	0.5-1% del peso del cemento	Rheobuild 1000	6.36 Kg./m <sup>3</sup>
Filler Calizo	3-5% del peso de cemento	Filler	35.00 Kg./m <sup>3</sup>
Fibra de acero	40Kg /m <sup>3</sup>	Dramix	40.00 Kg./m <sup>3</sup>
Acelerante de fragua	6-8% del peso de cemento	Meyco SA160	27.18 Kg./m <sup>3</sup>
Inhibidor de fragua	0.4% del peso del cemento	Delvo Estabilizador	2.00 Kg./m <sup>3</sup>

<b>PREPARACION DEL AGREGADO</b>					
Jornada=12,00 hrs					
<b>DESCRIPCION</b>	<b>UND.</b>		<b>INCIDENCIAS</b>	<b>COSTO (US\$)</b>	<b>PARCIAL (US\$)</b>
<b>Mano de obra</b>					
Capataz	hh	0.1	0.0033	6.89	0.023
Operador de la planta	hh	0		6.52	0
Ayudante de la planta	hh	7	0.2333	4.82	1.125
					<b>1.147</b>
<b>Materiales</b>					
Derecho de cantera	m <sup>3</sup>		1.00	5.00	5.00
					<b>5.00</b>
<b>Equipos</b>					
Zaranda vibratoria M.E. 15HP (operado)	hm	1	0.0333	16.99	0.57
Tractor sobre orugas 75- 100 HP (operado)	hm	1	0.0333	45.76	1.52
Cargador frontal sobre llantas 160-195 HP	hm	1	0.0333	67.48	2.25
Grupo electrogeno 89 HP	hm	1	0.0333	30.63	1.02
Herramientas	%		5.00%	1.15	0.06
					<b>5.41</b>
<b>COSTO DIRECTO</b>					<b>(US\$) 11.87</b>

<b>TRANSPORTE DE AGREGADO</b>					
Jornada =12.horas					
<b>Descripción</b>	<b>Unid.</b>		<b>Incidenias</b>	<b>Costo (US\$)</b>	<b>Parcial (US\$)</b>
<b>Mano de obra</b>					
Capataz	hh	0.1	0.0025	6.89	0.017
Ayudante Cuadrador	hh	2	0.0495	4.83	0.239
					<b>0.256</b>
<b>Materiales</b>					
<b>Equipos</b>					
Volquetes 330 HP, 15 m <sup>3</sup> (operado)	hm	3	0.0742	64.76	4.805192
Cargador frontal 160-195 HP	hm	0		67.48	0
Herramientas	%		5.00%	0.02	0.001
<b>Costo Directo</b>					<b>(US\$) 5.066</b>

PRODUCCION DE CONCRETO $f_c=260\text{Kg/cm}^2$ PARA CONCRETO LANZADO					
Jornada = 12.horas					
Descripción	Unid.		Incidencias	Costo (US\$)	Parcial (US\$)
<b>Mano de obra</b>					
Capataz	hh	0.1	0.0128	6.89	0.09
Operador de planta	hh	0		6.52	0
Ayudante de planta	hh	3	0.383	4.83	1.85
					<b>1.94</b>
<b>Materiales</b>					
Cemento Pórtland tipo I	bolsas		10.12	6.48	65.58
Agregado	m <sup>3</sup>				0.00
Agua					0.00
Súper plastificante	Kg.		6.36	1.65	10.49
Microsilica	Kg.			1.05	0.00
Filler calizo	Kg.		35.00	0.05	1.75
Fibra de acero	Kg.		40.00	1.65	66.00
Acelerante meycosalvo 160	Kg.		27.18	1.13	30.71
Retardador de fragua	Kg.		2.00	1.21	2.42
					<b>176.96</b>
<b>Equipos</b>					
Planta de preparado de shotcrete	hm	1	0.13	26.44	3.36
Cargador frontal 160-195 HP	hm	1	0.13	67.48	8.57
Grupo electrógeno	hm	1	0.13	30.63	3.89
Herramientas	%		5.00% MO	1.94	0.10
					<b>15.91</b>
Costo directo (US\$/m <sup>3</sup> )					<b>194.81</b>

TRANSPORTE DEL SHOTCRETE					
Jornada = 12horas					
Descripción	Unid.		Incidencias	Costo (US\$)	Parcial (US\$)
<b>Mano de obra</b>					
Capataz	hh	0		6.89	
Operador de mixer	hh	0		6.52	
<b>Materiales</b>					
<b>Equipos</b>					
Mixer 3m <sup>3</sup>	hm	2	0.5	85.75	42.875
Herramientas	%		5%		
Costo Directo					<b>(US\$/m<sup>3</sup>) 42.875</b>

<b>LANZADO DEL SHOTCRETE</b>					
<b>Jornada = 12horas</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Unid.</b>		<b>Incidencias</b>	<b>Costo (US\$)</b>	<b>Parcial (US\$)</b>
<b>Mano de Obra</b>					
Capataz	hh	0.1	0.025	6.89	0.17
Lanzador de shotcrete	hh	0	-	6.52	
Operador de la bomba	hh	1	0.25	6.52	1.63
Operador de la línea de aire	hh	1	0.25	6.52	1.63
Ayudante de bomba	hh	1	0.25	4.83	1.21
Ayudante de lanzador	hh	1	0.25	4.83	1.21
Ayudante para colocar calibradores	hh	4	1	4.83	4.83
					<b>10.68</b>
<b>Materiales</b>					
<b>Equipos</b>					
Robot Lanzador	hm	1	0.25	61.67	15.42
Herramientas	%		5%	5.85	0.29
					<b>15.71</b>
<b>Costo directo</b>					<b>(US\$/m³ 26.39)</b>

## VII.2-. Análisis de costos comparativos

El precio de un Robot modelo Alpha 20 es de \$ 500,000 se tienen 03 Mixer cuyo precio unitario es \$ 250,000, cuya inversión es de \$1'250,000 y el precio de un Empernador Rock Bolt es de \$780,000. Estos Costos son pagados por la eficiencia de los equipos.

La inversión realizada es compensada con los altos índices de rendimiento ya que permite sostener áreas de 12.5 m<sup>2</sup> con 01 m<sup>3</sup> de shotcrete, los que son lanzados en menos de 15 minutos. Logrando lanzar 20 a 30 m<sup>3</sup> / día obteniendo 312.5 m<sup>2</sup> de techos y hastiales sostenidos que representa 20m. de avance sostenidos con sección de 5m. x 5m. , comparado con el sostenimiento con Aliva las ventajas económicas son enormes.

#### **VII.2.1.-Costo utilizando shotcrete con Alivas.**

Costo / m <sup>2</sup> de área sostenida	:.....\$ 6.00
Standard de lanzamiento	...12.25m <sup>2</sup> de área sostenida/ m <sup>3</sup>
M <sup>3</sup> lanzados / día	: ..... 12m <sup>3</sup>
Costo /m <sup>3</sup> de shotcrete lanzado	: \$73.50
Sección de labor	:..... 3.5 x 3.5 m <sup>2</sup>
Densidad del mineral	: .....3 ton/m <sup>3</sup>
Metros de avance sostenidos	: ..... 7.00m
Toneladas rotas	: ..... 257.25ton.
Valor de mineral	: .....\$50 / Ton.
Beneficio Bruto	: ..... \$12,862.50/día



### VII.2.2.-Costo actual, utilizando shotcrete con robot Alpha

Costo / m <sup>3</sup> de shotcrete lanzado	:	\$ 250.00
Standard de lanzamiento:..	12.25 m <sup>2</sup> de área sostenida / m <sup>3</sup>	
M <sup>3</sup> lanzados / día	:	20
Área sostenida/ día	:	245 m <sup>2</sup>
Sección de labor	:	5m x 5m
Densidad del mineral	:	3 ton/m <sup>3</sup>
Metros de avance sostenidos	:	16
Toneladas a romper	:	1200
Valor de mineral	:	\$50 / Ton.
Beneficio Bruto	:	\$ 60,000/día

### VII.2.3.-BENEFICIOS ROBOT ALPHA 20

Beneficios que genera el robot alpha /año			
\$/m <sup>3</sup> shotcrete	m <sup>3</sup> /año	\$/año	\$/año
250,00	20*26*12=6240	1'560,000.00	<b>1'560,000.00</b>

### VII.2.4.-COSTOS CON ROBOT ALPHA 20

Costo de mantenimiento y operación del robot alpha 20			
\$/Hr	Hr./año	\$/año	total
40,00	16*30*12=5760	230,400.00	<b>230,400.00</b>
Costo de mantenimiento y operación de los mixeres			
\$/Hr	Hr./año	\$/año para 1 mixer	\$/año para 3 mixeres
32,00	16*30*12=5760	184,320.00	<b>552,960.00</b>
costo de camioneta supervisión			
\$/día	día/año	\$/año	sub total
60	30*12=360	21,600.00	<b>21,600.00</b>

<b>Personal</b>				
	\$/Hr	Hr./día	Hr/año	sub total
Capataz	6.89	16	8*2*30*12=5,76 0	39,686.00
Operador	6.52	16	8*2*30*12=5,76 0	37,555.20
Ayudante	4.83	16	8*2*30*12=5,76 0	27,820.00
<b>Total Gastos</b>				<b>910,021.00</b>

### VII.2.5.- BENEFICIO CON ALIVA

<b>Benefios que genera la Aliva /año</b>			
\$/m <sup>3</sup> shotcrete	m <sup>3</sup> /año	\$/año	\$/año
73.50	12*30*12=4320	317,520.00	<b>317,520.00</b>

### VII.2.6.- COSTOS CON ALIVA

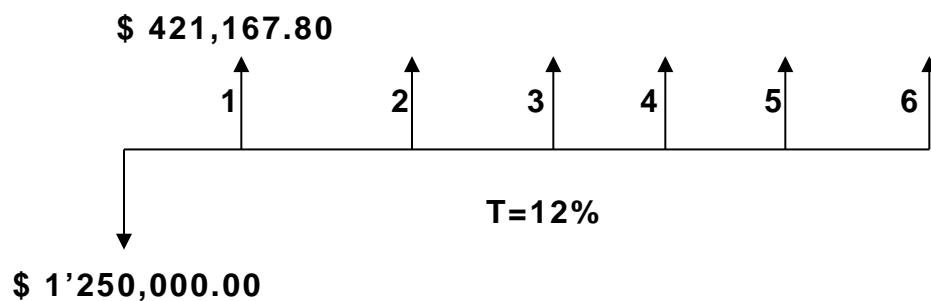
<b>Costo de mantenimiento y operación del aliva</b>				
\$/Hr	Hr./año	\$/año	Sub total (\$/año)	
8,00	10*26*12=3120	24,960,00	24,960,00	
<b>Personal</b>				
\$/guardia	Guardia/día	días/año	sub total (\$/año)	
Maestro	26,35	2	30*12	18,972,00
Ayudantes	20,73	3*2	30*12	44,776,80
<b>Total Gastos</b>				<b>88,708.80</b>

<b>Costo método Robot/año</b>		1'560,000,00	910,021,00	<b>649,979,00</b>
<b>Costo método Aliva/año</b>		317520,00	88,708,80	<b>228,811,20</b>
			<b>Ahorro /año</b>	<b>421,167.80</b>

Reservas de mineral		3'700,000.00 tn
Producción mensual de mineral		50,000.00 tn

Vida de la Mina		6 años
-----------------	--	--------

### VII.2.7.- Cálculo del Valor presente Neto



$$\text{VPN} = 1'250,000.00 + \frac{421,167.80}{(1.12)} + \frac{421,167.80}{(1.12)^2} + \frac{421,167.80}{(1.12)^3} +$$

$$\frac{421,167.80}{(1.12)^4} + \frac{421,167.80}{(1.12)^5} + \frac{421,167.80}{(1.12)^6} = \$481,592.24$$

$$\text{VPN} = \$481,592.24$$

### VII.2.8.- Cálculo de la tasa interna de retorno

Para:  $t = 24\%$

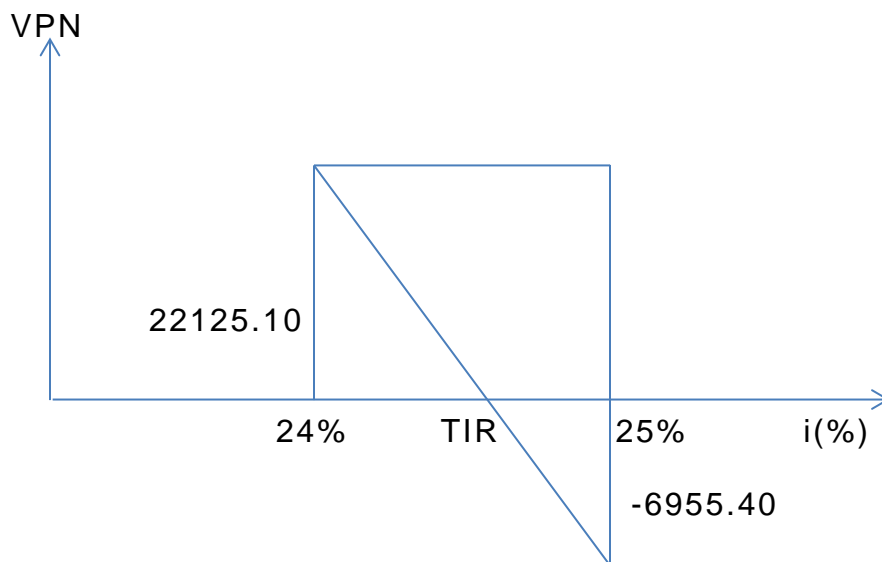
$$\text{VPN} = -1'250,000.00 + \frac{421,167.80}{(1.24)} + \frac{421,167.80}{(1.24)^2} + \frac{421,167.80}{(1.24)^3} +$$

$$\frac{421,167.80}{(1.24)^4} + \frac{421,167.80}{(1.24)^5} + \frac{421,167.80}{(1.24)^6} = \$22,125.10$$

Para:  $t=25\%$

$$VPN = -1'250,000.00 + \frac{421,167.80}{(1.25)} + \frac{421,167.80}{(1.25)^2} + \frac{421,167.80}{(1.25)^3} +$$

$$\frac{421,167.80}{(1.25)^4} + \frac{421,167.80}{(1.25)^5} + \frac{421,167.80}{(1.25)^6} = - \$6,955.40$$



$$\frac{TIR - 24}{25 - 24} = \frac{22,125.10}{31,780.50}$$

$$TIR = 24.696\%$$

### VII.2.9.- Cálculo de relación Beneficio/Costo

$$B/C = \frac{1731529.24}{1250000.00} = 1.38$$

Se concluye que el equipo Robot es rentable.

## CONCLUSIONES

- 1 -La aplicación del sostenimiento adecuado y oportuno nos permite un trabajo seguro, los riesgos de accidentes por caída de rocas se controla oportunamente.
- 2 -Los equipos de ultima generación, para el caso del sostenimiento mecanizado nos permiten agilizar el Ciclo de Minado y por lo tanto aumentar la Producción.
- 3 -La eficiencia de un equipo Robot es por lo menos 24 veces mayor que los equipos manuales, por lo cual se cuenta con mayor número de frentes de trabajo.
- 4.- Los equipos robot tienen un alto costo de Inversión pero a lo largo del tiempo es más económico que los equipos manuales.
- 5.- Los equipos robot, están provistos de 01 brazo funcional provisto de sensores capaz de realizar movimientos rápidos y precisos de forma repetida accionados a control remoto con un Joystick que posibilita el shotcreteo del techo y cajas en forma totalmente segura ya que el brazo alcanza una longitud de 6 metros, colocando la boquilla de lanzado a 1.2 metros del área a shotcretear y el operador ubicado al costado del equipo operando el control remoto.

- 6.- Con el robot alpha 20 el shotcrete es lanzado, colocado y compactado al mismo tiempo, debido a la fuerza neumática con que es proyectado desde la boquilla por lo que no es necesario un vibrador adicional.
- 7.- El método del shotcrete reduce considerablemente la utilización de cimbras y encofrados utilizados mayormente en labores mineras.
- 8.- En el sostenimiento con shotcrete la fibra de acero (dramix), que pueden suplir el uso de mallas electrosoldadas, especialmente utilizadas en trabajos de sostenimiento de túneles.
- 9.- Se concluye que al utilizar el método del shotcrete por vía húmeda las pérdidas por rebote es de 5% a 10%.

## RECOMENDACIONES

- 1.- Se recomienda estudiar la mejor forma de usar el shotcrete en cualquier situación con objeto de disminuir el empleo de las cimbras, en trabajos de túneles.
- 2.- Se recomienda introducirse mas en el control de lanzado de shotcrete por parte del personal que supervisa los trabajos de shocrete.
- 3.- Se recomienda mejor coordinación entre la supervisión de sostenimiento mecanizado y los ingenieros de empresa y Empresas Especializadas para que no tener muchos tiempos muertos.
- 4.- Se recomienda al área de planeamiento en sus diseños que las rampas deben de tener como gradientes máxima de 12% y no 15% porque los equipos de sostenimiento y demás equipos hacen mucho esfuerzo al subir.
- 5.- Se recomienda tener en cuenta el uso de arena fina origina una mayor contracción en el concreto y el uso de arena mas gruesa produce mayor perdidas por rebote.
- 6.- Se recomienda a la empresa que debe de mejorar el aire comprimido para efectuar un trabajo de shotcreteado de calidad.

- 9.- realizar las mediciones del shotcrete en las cubas de los mixeres con la finalidad de establecer una escala de volúmenes.
- 10.- Se recomienda que las labores se debe de llevar de acuerdo a la sección programada y que no haya mucha sobreescavacion, porque se consume mas shotcrete y tiempo.



**Referencia Bibliográfica:**

Nerio Robles, Excavación y sostenimiento de túneles en roca, CONCYTEC Lima 1994.

Ing. Ismael Anabalon R., Comercial SEMMCO Ltda.  
Ministerio de fomento (1998), instrucción de hormigón estructural (EHE), 1999.

Coronel Sánchez Renato, Concreto Lanzado, Shotcrete utilización en túneles.

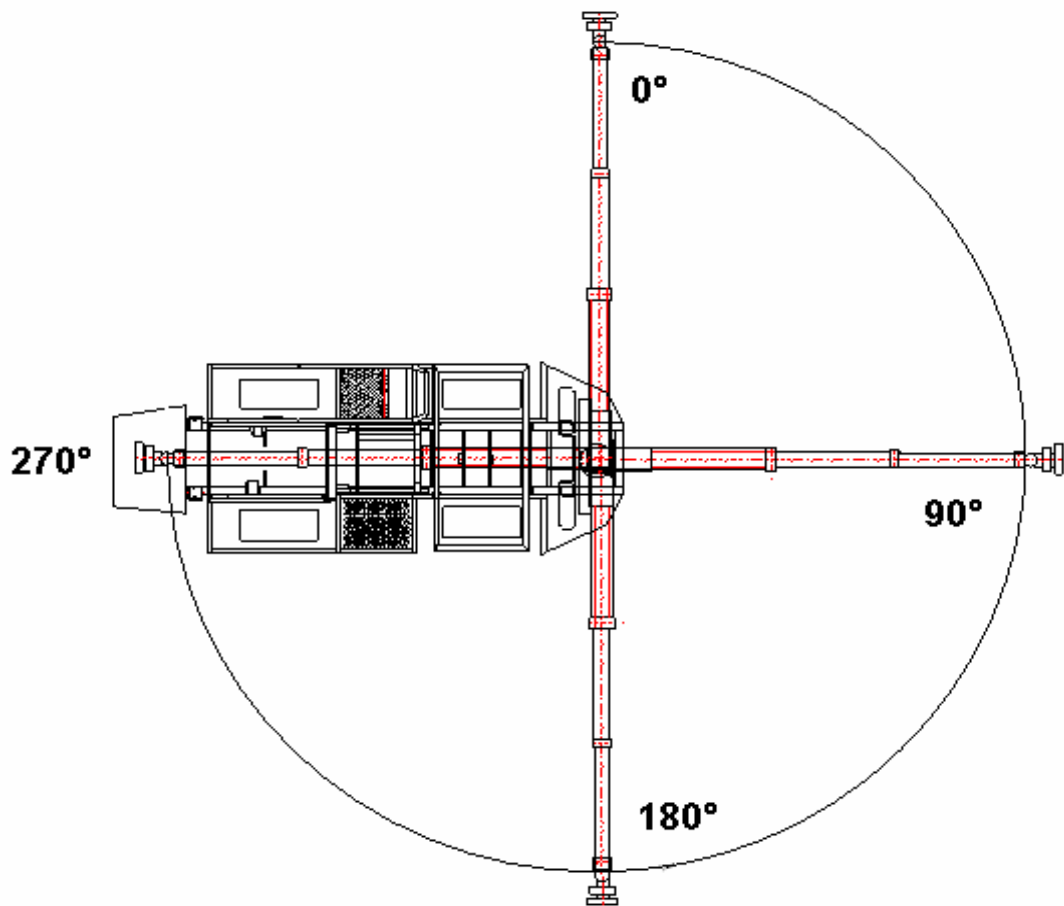
Tom Melvye, Shotcrete para soporte de rocas.

Rey Albert, Hormigón proyectado dosificación.

Marín Lozano, A (2003), hormigón proyectado: análisis de la evolución de la vía húmeda. Tesina de especialidad ETSECCPB-UPC, 2003

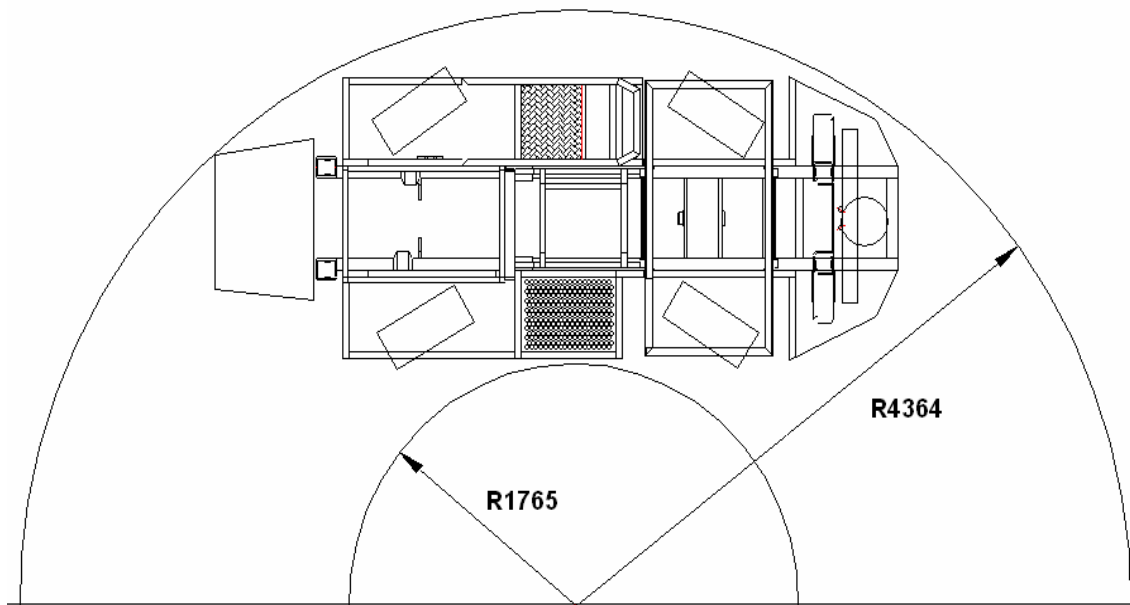
## **ANEXOS**

**FICHA TECNICA DEL ROBOT ALPHA 20**  
**GIRO MAXIMO HORIZONTAL**



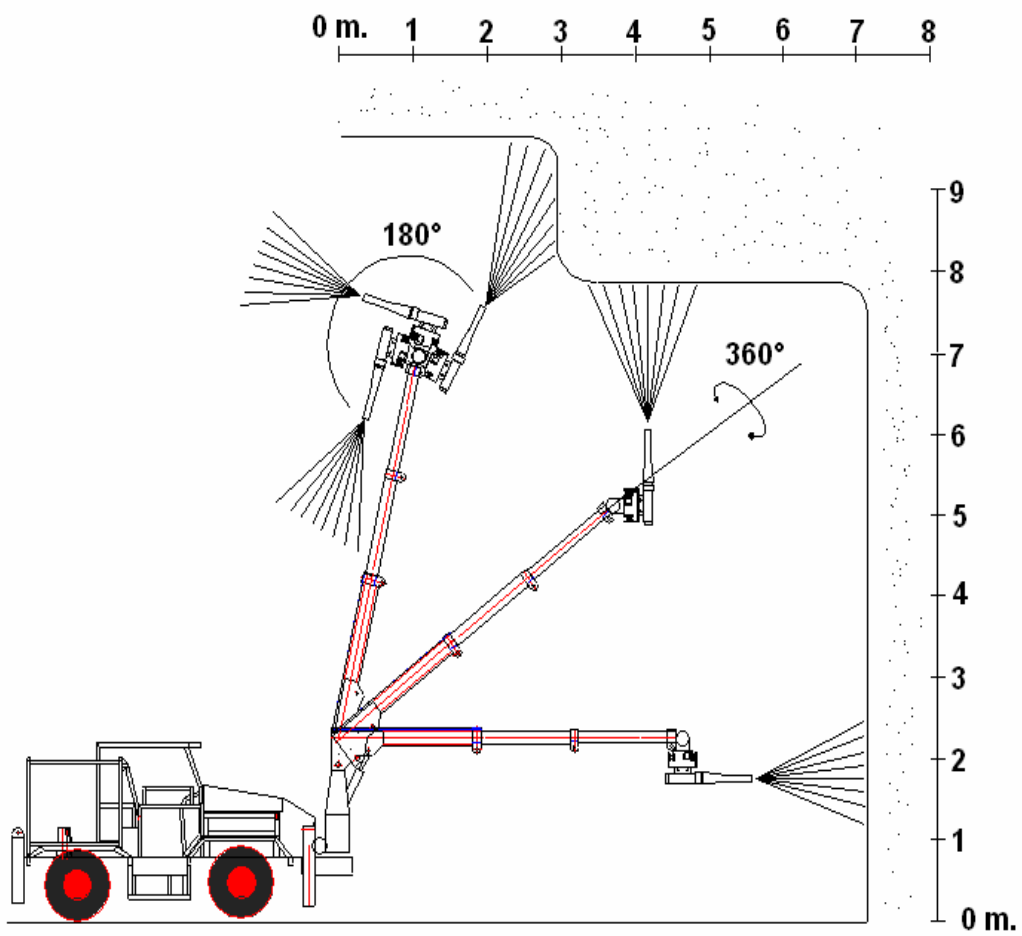
Fuente: Foto para informe tomado del manual del equipo Alpha

## RADIO DE GIRO DEL ROBOT ALPHA 20



Fuente: foto para informe tomado del manual del alpha 20

## ALCANCE MAXIMO DE BRAZO DEL ROBOT ALPHA 20



Fuente: foto para informe tomado del manual del robot alpha 20

## **DIMENSIONES DEL ROBOT SHOTCRETERO**

Alto..... 2.40metros  
Ancho.....2.20metros  
Largo.....5.50 metros

## **MOTOR DIESEL**

Motor diesel deutz F6L912W.....90HP a 2300 RPM

## **BOMBA DE CONCRETO SEMMCO BS7622**

Cilindro de transporte.....152mm.  
Cilindro hidráulico.....45/90mm  
Embolada.....726mm  
Rendimiento máximo.....20m<sup>3</sup>/hr

## **ROBOT PROYECTOR**

Rotación de boquilla.....360°  
Inclinación boquilla.....180°  
Orbitación automática.....10 – 15 rpm

## **BOMBA DE ADITIVO Y ESTANQUE**

Bomba peristáltica.....0 – 15 lts/min.  
Presión máxima.....7 bares  
Estanque de acero inoxidable.....400lts.  
Control de volumen.....Desde el control remoto

## **CONTROL REMOTO**

Control remoto inalámbrico                      Hetronic.  
Joysticks para movimientos proporcionales      Hetronic.

Control de Bomba de Hormigón

Hetronic

### **CHASIS**

Traslación 4x4 Hidrostática.

Ejes Direccionales.

Frenos de servicio y estacionamiento.

### **ACCIONAMIENTO DIESEL HIDRAULICO**

Bomba Hidráulica para Brazo

Sauer-Danfoss.

Bomba Hidráulica para Bomba hormigón

Sauer-Danfoss.

Bomba Hidráulica traslación

Sauer-Danfoss.

Motor Hidráulico Traslación

Sauer-Danfoss.

### **CONCRETO LANZADO**

En las minas subterráneas el concreto lanzado o shotcrete esta desplazando a otros tipos de sostenimiento tales como cuadros de madera.

Existen dos tipos de concreto lanzado, el llamado concreto lanzado en vía seca y el concreto de lanzado vía húmeda, el primero se mezcla en seco y solo se adiciona agua en la boquilla, el segundo es una mezcla de concreto normal con agua al 8%, la calidad del concreto depende de la calidad de la pasta, cada partícula de agregado debe estar completamente cubierta de pasta y también todos los espacios entre las partículas de agregado.

## **CARACTERISTICAS DEL CONCRETO LANZADO POR EL ROBOT ALPHA 20**

El lanzamiento de shotcrete o concreto lanzado debe satisfacer lo siguiente:

La sección de la labor debe permitir el ingreso de los equipos.

Tener la tubería de aire, con una presión mínima de 70 psi.  
Y 200 cfm.

La mezcla debe ser adecuada al momento de lanzado, si hay demoras se debe adicionar estabilizadores de concreto.

Desatar la zona a sostener de ser posible.

Lavar las áreas de las paredes y el techo a sostener.

Lanzamiento de 1m a 1.2 metros de la boquilla a la roca para evitar el rebote.

Es importante el curado de las zonas sostenidas.

La resistencia a los 28 días estará en 306 Kg./cm<sup>2</sup>  
aumentando a 360 Kg./cm<sup>2</sup> a los 2 meses.

La resistencia temprana esta en 50% y da soporte al terreno en menos de 8 horas.

Debe ser de bajo costo de materiales.

Mejor control en la relación agua cemento, a menos agua mayor resistencia la compresión y flexión, mejor unión entre las capas del concreto y menor tendencia a la contracción.

El operador controla la compactación del concreto.



El rendimiento es mayor.

Mayor producción como consecuencia del tamaño de los equipos (15 a 20 m<sup>3</sup>/hora).

Velocidad de proyección es de 60 a 70 m/seg.

## **PLANTA DE TRATAMIENTO DEL SHOTCRETE EN SUPERFICIE**

La Planta tiene una capacidad de tratamiento de 36 m<sup>3</sup>/hora.

Equipos: 01 Faja Transportadora para la arena.

02 tanques que almacenan cemento de 60 y 30 tons c/u.

01 tanque que almacena caliza de 30 ton. De capacidad.

01 área de almacenamiento de arena.

Zona de almacenamiento de plastificantes y retardantes.

La Planta abastece 3 robot shotcreteros, el Alfa 20 de la Mina Carahuacra y 02 Mambas de la Mina San Cristóbal.

La mezcla de los ingredientes se realiza de acuerdo a diseños establecidos necesarios para el shotcrete.

Se tiene además balanzas electrónicas para la dosificación de la mezcla.

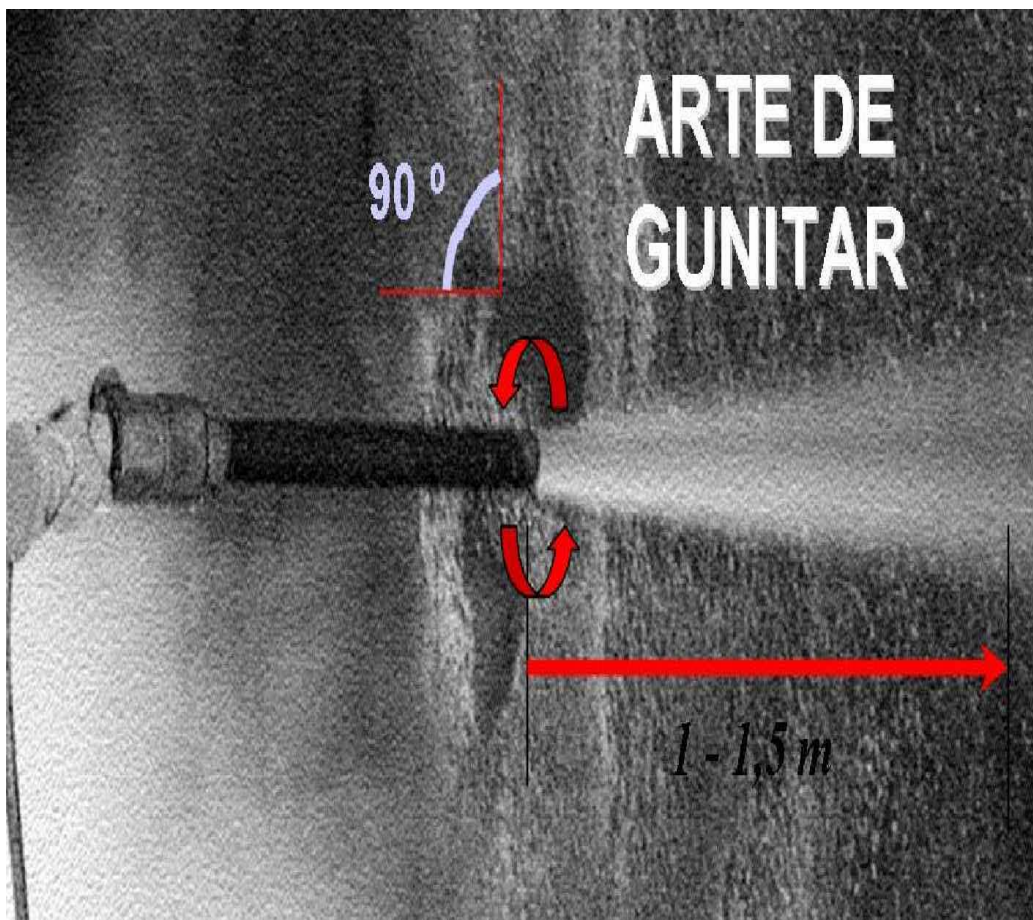
La mezcla se prepara adicionando: 90% de agua necesaria, luego los aditivos: plastificantes y retardantes, luego la arena, el cemento y el resto de agua. Esta mezcla se carga al Mixer madrina donde se prepara el mezclado de 6m<sup>3</sup> y a su vez luego se carga a los mixer de 03m<sup>3</sup> los que llevan el concreto a la mina.

## EQUIPO DE PROYECCION VIA SECA



Fuente: Foto para informe mina carahuacra

**LANZADO CORRECTO DEL SHOTCRETE HACIA EL AREA A  
SOSTENER**



**Fuente : foto para informe mina Carahuacra**

**CONTROL REMOTO DEL ROBOT ALPHA 20 OPERADO POR  
EL LANZADOR DE SHTCRETE**



**Fuente: Foto tomado del manual del robot para informe**

**ROBOT ALFA 20 PARA LANZADO DE SHOTCRETE EN LA MINA  
CARAHUACRA**



**Fuente Foto para informe mina carahuacraha**

**CAMARA DIFUSORA DEL ROBOT ALPHA DONDE SE MEZCLA EL  
ADITIVO, AIRE Y EL SHOTCRETE**



**Fuente: Foto para informe Manual del robot**

## TANQUE DE DESCARGA DE SHOTCRETE DEL ALPHA 20



Fuente: Foto para Informe Mina carahuacra

**MIXER PARA EL TRASLADO DE SHOTCRETE A  
INTERIOR MINA**



**Fuente: Foto para informe Mina Carahuacra**



## PARTE DEL MIXER POR DONDE DESCARGA EL SHOTCRETE



Fuente: Foto tomado para informe mina Carahuacra

**AREA PARA EL APROVISIONAMIENTO DE MATERIALES PARA EL  
PREPARADO DE SHOTCRETE  
DE UNICON**



**Fuente: Foto para informe Planta Unicon Carahuacra**

## EQUIPOS PARA TRASLADAR EL SHOTCRETE



Fuente: Foto tomado para informe planta Unicon mina carahuacra

**CANTERA DE DONDE SE LLEVA LOS AGRAGADOS PARA EL  
PREPARADO DEL SHOTCRETE**



Fuente: Foto tomado para el informe

**BOMBONA TRASLADANDO CEMENTO A GRANEL DE LA FABRICA DE CEMENTOS ANDINO A LA PLANTA DE SHOTCRETE**



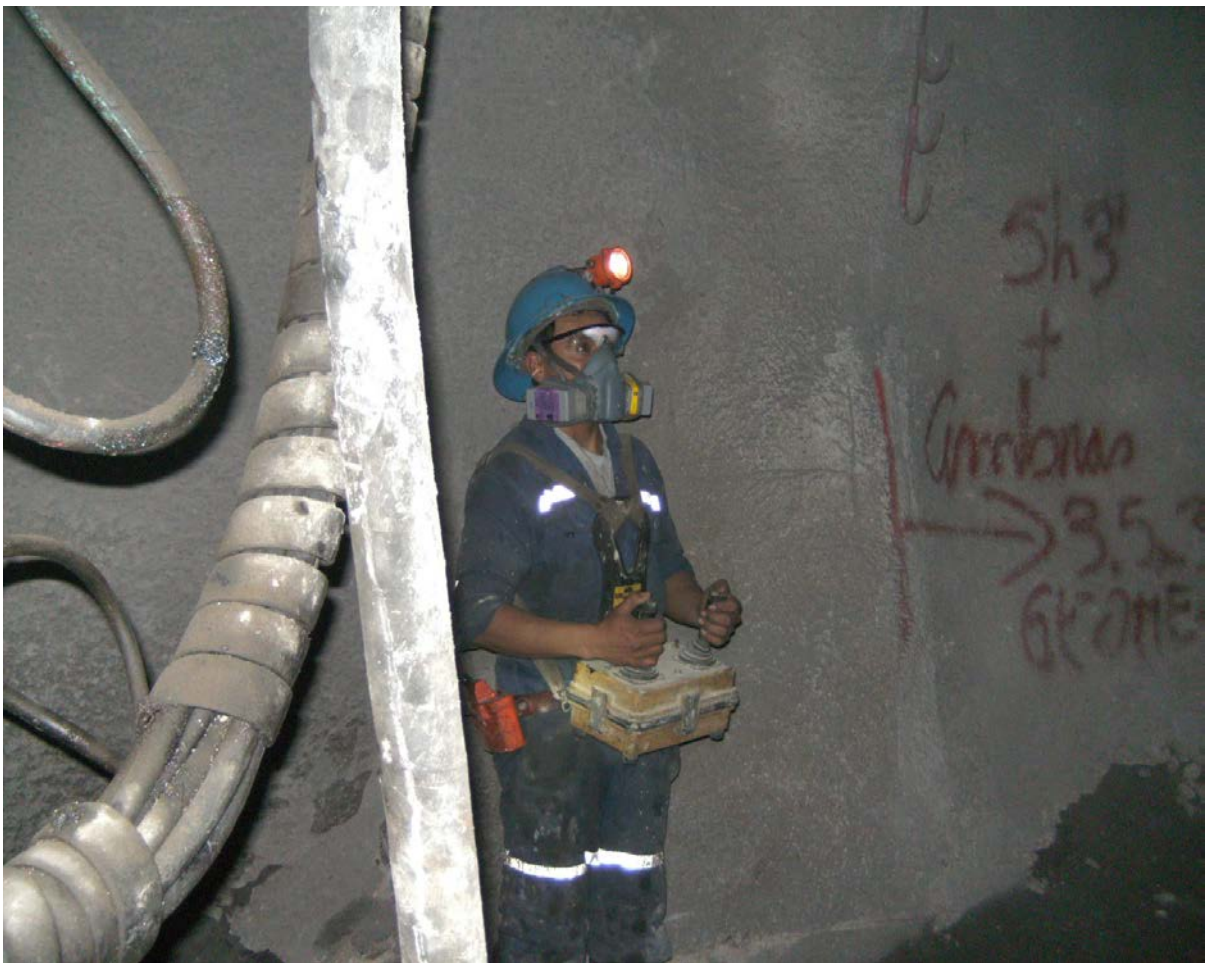
**Fuente: Foto tomado para Informe**

**TRASEGANDO LA MEZCLA DE SHOTCRETE DEL MIXER AL  
ROBOT ALPHA 20 Y ESTE LANZANDO EL SHOTCRETE  
NIVEL 730 RAMPA 068 ZONA LIDIA ALTA  
MINA CARAHUACRA**



**Fuente: Foto para informe Mina Carahuacra**

**OPERADOR DEL ROBOT ALPHA 20 LANZANDO SHOTCRETE  
USANDO EL CONTROL REMOTO  
NIVEL 730 RAMPA 068 ZONA LIDIA ALTA MINA CARAHUACRA**



**Fuente: Foto tomado para informe Mina Carahuacra**

**EQUIPO ROBOT ALPHA 20 LANZANDO SHOTCRETE  
NIVEL 730 SLOT 15 TAJEO 085 SUR ZONA LIDIA ALTA  
MINA CARAHUACRA**



**Fuente: Foto tomado al robot en labor mina Carahuacra**



**LABOR SOSTENIDA CON SHOTCRETE DE 2" DE ESPESOR  
TAJEO 240 SUR NIVEL 630 ZONA LIDIA ALTA MINA  
CARAHUACRA**



**Fuente: Foto tomada para informe Mina Carahuacra**

**OPERADOR Y AYUDANTE DEL ROBOT 5**  
**TAJEO 240 NORTE NIVEL 630 ZONA LIDIA ALTA MINA**  
**CARAHUACRA**



**Fuente: Foto tomado para informe mina Carahuacra**

**EXPLOTACIÓN ANTERIOR CON CUADROS DE MADERA  
ACCESO 450 NIVEL 680 ZONA LIDIA ALTA MINA  
CARAHUACRA**



**Fuente: Foto tomada para informe mina carahuacra**

**ROBOLT 5 INSTALANDO SPLITSET EN LOS HASTIALES  
TAJEO 240 NIVEL 630 ZONA LIDIA ALTA MINA CARAHUACRA**



**Fuente: Foto tomada para informe mina carahuacra**

**LABOR SHOCRETEADO CON EL ROBOT ALPHA 20 Y COLOCADO  
MALLA Y PERNO CON EL ROBOT  
NIVEL 730 ZONA LIDIA ALTA RAMPA 068 MINA CARAHUACRA**



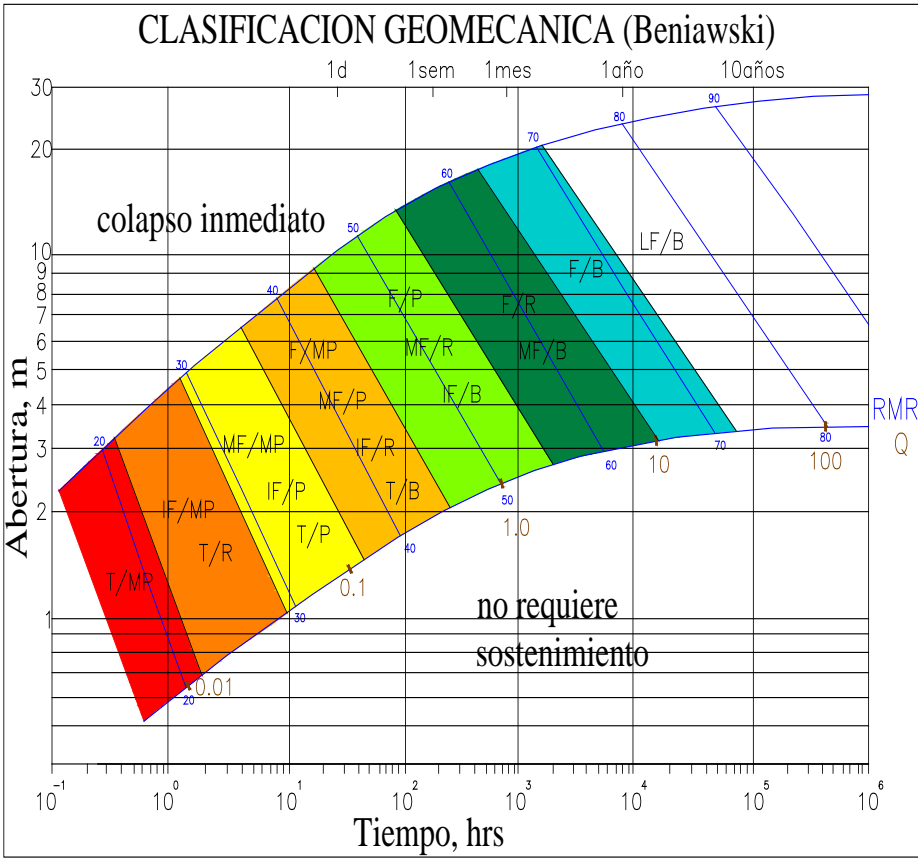
**Fuente: Fotografía tomada a labor Mina Carahuacra**

**TECHO SHOTCRETEADO Y EMPERNADO NIVEL 730**  
**RAMPA 068**  
**ZONA LIDIA ALTA MINA CARAHUACRA**



Fuente: fotografía tomada para Informe mina carahuacra

# CLASIFICACION DE BIENIAWSKI, RELACION ENTRE LA LUZ MAXIMA Y EL PERIODO DE AUTOSOPORTE



# SOSTENIMIENTO DE LABORES MINERAS SEGÚN EL INDICE GSI MODIFICADO

<b>UEA YAULI-MINA CARAHUACRA</b> <b>SOSTENIMIENTO DE LABORES MINERAS</b> <b>SEGUN INDICE GSI MODIFICADO.</b>  <b>SOSTENIMIENTO DE LABORES PERMANENTES</b> <b>ABERTURAS DE 2.5 a 3.0 m.,</b> <div style="display: flex; flex-direction: column; gap: 2px;"> <div style="background-color: #008000; color: white; padding: 2px; text-align: center;">A1</div> <div style="background-color: #90EE90; color: black; padding: 2px; text-align: center;">B1</div> <div style="background-color: #FFD700; color: black; padding: 2px; text-align: center;">C1</div> <div style="background-color: #FFA500; color: black; padding: 2px; text-align: center;">D1</div> <div style="background-color: #FF4500; color: white; padding: 2px; text-align: center;">E1</div> </div> <p>SIN SOPORTE O PERNO OCASIONAL.</p> <div style="display: flex; flex-direction: column; gap: 2px;"> <div style="background-color: #90EE90; color: black; padding: 2px; text-align: center;">B1</div> <div style="background-color: #FFD700; color: black; padding: 2px; text-align: center;">C1</div> <div style="background-color: #FFA500; color: black; padding: 2px; text-align: center;">D1</div> <div style="background-color: #FF4500; color: white; padding: 2px; text-align: center;">E1</div> </div> <p>PERNO SISTEMATICO 1.5x1.5 m. (LONG. 5')                      PERNO SISTEMATICO 1.2x1.2 m.                      Y MALLA DE REFUERZO</p> <div style="display: flex; flex-direction: column; gap: 2px;"> <div style="background-color: #90EE90; color: black; padding: 2px; text-align: center;">B2</div> <div style="background-color: #FFD700; color: black; padding: 2px; text-align: center;">C2</div> <div style="background-color: #FFA500; color: black; padding: 2px; text-align: center;">D2</div> <div style="background-color: #FF4500; color: white; padding: 2px; text-align: center;">E2</div> </div> <p>SHOTCRETE 3" CON 30 Kg. FIBRA MAS PERNO                      SISTEMATICO 1.2 x 1.2 m. O CUADROS DE MADERA                      1.2 x 1.2 m. Y MALLA DE REFUERZO,                      O CIMBRAS</p> <p>SHOTCRETE 3" CON PERNOS SISTEMATICO                      1.2 x 1.2 m. Y MALLA DE REFUERZO,                      O CIMBRAS</p>	<b>SOSTENIMIENTO DE LABORES TEMPORALES</b> <b>ABERTURAS DE 2.5 a 3.0 m., VETAS</b> <div style="display: flex; flex-direction: column; gap: 2px;"> <div style="background-color: #008000; color: white; padding: 2px; text-align: center;">A2</div> <div style="background-color: #90EE90; color: black; padding: 2px; text-align: center;">B2</div> <div style="background-color: #FFD700; color: black; padding: 2px; text-align: center;">C2</div> <div style="background-color: #FFA500; color: black; padding: 2px; text-align: center;">D2</div> <div style="background-color: #FF4500; color: white; padding: 2px; text-align: center;">E2</div> </div> <p>SIN SOPORTE O PERNO OCASIONAL.</p> <div style="display: flex; flex-direction: column; gap: 2px;"> <div style="background-color: #90EE90; color: black; padding: 2px; text-align: center;">B2</div> <div style="background-color: #FFD700; color: black; padding: 2px; text-align: center;">C2</div> <div style="background-color: #FFA500; color: black; padding: 2px; text-align: center;">D2</div> <div style="background-color: #FF4500; color: white; padding: 2px; text-align: center;">E2</div> </div> <p>PERNO SISTEMATICO 1.5x1.5 m. (LONG. 5') O                      PUNTALES DE SEGURIDAD ESPACIADOS A 1.5 m.</p> <div style="display: flex; flex-direction: column; gap: 2px;"> <div style="background-color: #90EE90; color: black; padding: 2px; text-align: center;">B2</div> <div style="background-color: #FFD700; color: black; padding: 2px; text-align: center;">C2</div> <div style="background-color: #FFA500; color: black; padding: 2px; text-align: center;">D2</div> <div style="background-color: #FF4500; color: white; padding: 2px; text-align: center;">E2</div> </div> <p>PERNO SISTEMATICO 1.2x1.2 m. MAS MALLA                      O PUNTALES CON GUARDACABEZA</p> <div style="display: flex; flex-direction: column; gap: 2px;"> <div style="background-color: #90EE90; color: black; padding: 2px; text-align: center;">B2</div> <div style="background-color: #FFD700; color: black; padding: 2px; text-align: center;">C2</div> <div style="background-color: #FFA500; color: black; padding: 2px; text-align: center;">D2</div> <div style="background-color: #FF4500; color: white; padding: 2px; text-align: center;">E2</div> </div> <p>CUADROS DE MADERA ESPACIADOS 1.5 m.</p> <div style="display: flex; flex-direction: column; gap: 2px;"> <div style="background-color: #90EE90; color: black; padding: 2px; text-align: center;">B2</div> <div style="background-color: #FFD700; color: black; padding: 2px; text-align: center;">C2</div> <div style="background-color: #FFA500; color: black; padding: 2px; text-align: center;">D2</div> <div style="background-color: #FF4500; color: white; padding: 2px; text-align: center;">E2</div> </div> <p>CUADROS DE MADERA ESPACIADOS 1.0 m.</p>	<b>CONDICION SUPERFICIAL</b>  <b>BUENA (MUY RESISTENTE, FRESCA)</b> SUPERFICIE DE LAS DISCONTINUIDADES MUY RUGOSAS E INALTERADAS, CERRADAS. (Rc 100 A 250 MPa) (SE ROMPE CON VARIOS GOLPES DE PICOTA)	<b>REGULAR (RESISTENTE, LEVEMENTE ALTERADA)</b> DISCONTINUIDADES RUGOSAS, LEVEMENTE ALTERADA, MANCHAS DE OXIDACION, LIGERAMENTE ABIERTA. (Rc 50 A 100 MPa) (SE ROMPE CON UNO O DOS GOLPES DE PICOTA)	<b>POBRE (MODERADAMENTE RESISTENTE, LEVE A MODERADAMENTE ALTERADA)</b> DISCONTINUIDADES LISAS, MODERADAMENTE ALTERADA, LIGERAMENTE ABIERTAS. (Rc 25 A 50 MPa) (SE INDENTA SUPERFICIALMENTE CON GOLPE DE PICOTA)	<b>MUY POBRE (BLANDA, MUY ALTERADA)</b> SUPERFICIE PULIDA O CON ESTRICIONES, MUY ALTERADA, RELLENO COMPACTO O CON FRAGMENTOS DE ROCA. (Rc 5 A 25 MPa) (SE INDENTA MAS DE 5 mm.)
 <b>MODERADAMENTE FRACTURADA.</b> MUY BIEN TRABADA, NO DISTURBADA, BLOQUES CUBICOS FORMADOS POR TRES SISTEMAS DE DISCON- TINUIDADES ORTOGONALES. (RQD 50 - 75) (6 A 12 FRACT. POR METRO)	<div style="background-color: #008000; color: white; padding: 5px; text-align: center;">F/B</div>	<div style="background-color: #008000; color: white; padding: 5px; text-align: center;">A1</div> <div style="background-color: #90EE90; color: black; padding: 5px; text-align: center;">FR</div> <div style="background-color: #008000; color: white; padding: 5px; text-align: center;">A2</div>	<div style="background-color: #90EE90; color: black; padding: 5px; text-align: center;">B1</div> <div style="background-color: #FFD700; color: black; padding: 5px; text-align: center;">FP</div> <div style="background-color: #90EE90; color: black; padding: 5px; text-align: center;">B2</div>	<div style="background-color: #FFD700; color: black; padding: 5px; text-align: center;">C1</div> <div style="background-color: #FFA500; color: black; padding: 5px; text-align: center;">MP/P</div> <div style="background-color: #FFD700; color: black; padding: 5px; text-align: center;">C2</div>	
 <b>MUY FRACTURADA.</b> MODERADAMENTE TRABADA, PARCIALMENTE DISTURBADA, BLOQUES ANGULOSOS FORMADOS POR CUATRO O MAS SISTEMAS DE DISCON- TINUIDADES. (RQD 25 - 50) (12 A 20 FRACT. POR METRO)	<div style="background-color: #008000; color: white; padding: 5px; text-align: center;">A1</div> <div style="background-color: #90EE90; color: black; padding: 5px; text-align: center;">MF/B</div> <div style="background-color: #008000; color: white; padding: 5px; text-align: center;">A2</div>	<div style="background-color: #90EE90; color: black; padding: 5px; text-align: center;">B1</div> <div style="background-color: #FFD700; color: black; padding: 5px; text-align: center;">MF/R</div> <div style="background-color: #90EE90; color: black; padding: 5px; text-align: center;">B2</div>	<div style="background-color: #FFD700; color: black; padding: 5px; text-align: center;">C1</div> <div style="background-color: #FFA500; color: black; padding: 5px; text-align: center;">MP/P</div> <div style="background-color: #FFD700; color: black; padding: 5px; text-align: center;">C2</div>	<div style="background-color: #FFA500; color: black; padding: 5px; text-align: center;">D1</div> <div style="background-color: #FF4500; color: white; padding: 5px; text-align: center;">MP/MP</div> <div style="background-color: #FFA500; color: black; padding: 5px; text-align: center;">D2</div>	
 <b>INTENSAMENTE FRACTURADA.</b> PLEGAMIENTO Y FALLAMIENTO, CON MUCHAS DISCON- TINUIDADES INTERCEPTADAS FORMANDO BLOQUES ANGULOSOS O IRREGULARES. (RQD 0 - 25) (MAS DE 20 FRACT. POR METRO)	-	<div style="background-color: #FFD700; color: black; padding: 5px; text-align: center;">C1</div> <div style="background-color: #FFA500; color: black; padding: 5px; text-align: center;">IF/R</div> <div style="background-color: #FFD700; color: black; padding: 5px; text-align: center;">C2</div>	<div style="background-color: #FFA500; color: black; padding: 5px; text-align: center;">D1</div> <div style="background-color: #FF4500; color: white; padding: 5px; text-align: center;">IF/P</div> <div style="background-color: #FFA500; color: black; padding: 5px; text-align: center;">D2</div>	<div style="background-color: #FF4500; color: white; padding: 5px; text-align: center;">E1</div> <div style="background-color: #FFA500; color: black; padding: 5px; text-align: center;">IF/MP</div> <div style="background-color: #FF4500; color: white; padding: 5px; text-align: center;">E2</div>	